

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003179009 A**

(43) Date of publication of application: **27.06.03**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/304**

**B23H 5/08**

**B24B 37/00**

(21) Application number: **2001377865**

(22) Date of filing: **11.12.01**

(71) Applicant: **EBARA CORP EBARA UDYLITE  
KK**

(72) Inventor: **HONGO AKIHISA  
KIMIZUKA RYOICHI**

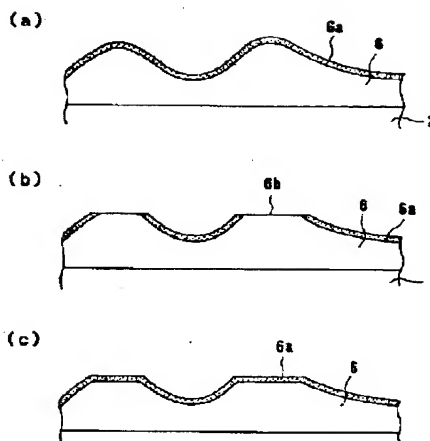
(54) **POLISHING SOLUTION, POLISHING METHOD,  
AND POLISHING APPARATUS**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a polishing solution, polishing method and polishing apparatus, which can efficiently and inexpensively polish an excessive copper film deposited on a surface of a substrate, while preventing deterioration of the quality of a product.

SOLUTION: The polishing solution is used to polish a surface of a substrate on which a copper film is formed and the copper is embedded into fine recesses thereon. The solution contains one or more of water-soluble inorganic acid or salts thereof, water-soluble organic acid or salts thereof, and one or more of hydroxyquinolines.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-179009  
(P2003-179009A)

(43)公開日 平成15年6月27日(2003.6.27)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)	
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 C	3 C 0 5 8
	6 2 1		6 2 1 B	3 C 0 5 9
	6 2 2		6 2 2 X	
B 2 3 H 5/08		B 2 3 H 5/08		
B 2 4 B 37/00		B 2 4 B 37/00	H	
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 38 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願2001-377865(P2001-377865)

(22)出願日 平成13年12月11日(2001.12.11)

(71)出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(71)出願人 000120386

荏原ユーシライト株式会社

東京都台東区台東4丁目19番9号

(72)発明者 本郷 明久

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社

荏原製作所内

(74)代理人 100091498

弁理士 渡邊 勇 (外3名)

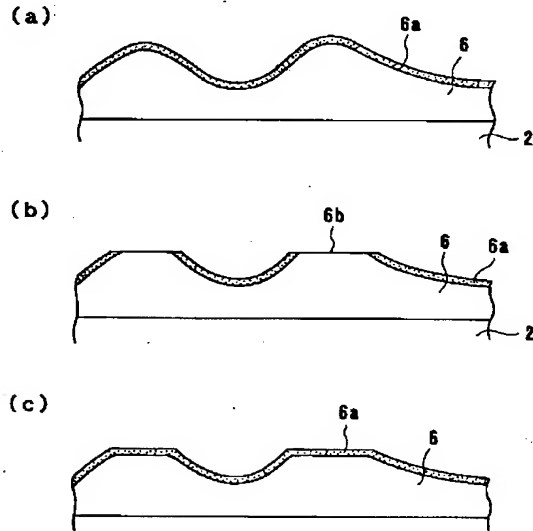
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 研磨液、研磨方法及び研磨装置

(57)【要約】

【課題】 基板表面に堆積させた過剰の銅膜を、製品の品質低下を防止しつつ、より効率的に、かつ安価に研磨するのに使用される研磨液、研磨方法及び研磨装置を提供する。

【解決手段】 表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ基板の表面を研磨する研磨液であって、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ基板の表面を研磨する研磨液であって、水溶性の水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ基板の表面を研磨する研磨液であって、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含むことを特徴とする研磨液。

【請求項2】 前記無機酸の塩類は、無機酸のカリウム塩またはアンモニウム塩で、前記有機酸の塩類は、有機酸のカリウム塩、アンモニウム塩、アミン塩またはヒドロキシアミン塩であることを特徴とする請求項1記載の研磨液。

【請求項3】 前記ヒドロキシキノリン類は、2-ヒドロキシキノリン、4-ヒドロキシキノリン、5-ヒドロキシキノリンまたは8-ヒドロキシキノリンであることを特徴とする請求項1または2記載の研磨液。

【請求項4】 前記水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の研磨液中の濃度が、 $0.01 \sim 5.0 \text{ mol/L}$ であり、かつ研磨液の導電率が、 $0.5 \sim 100 \text{ mS/cm}$ であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の研磨液。

【請求項5】 前記ヒドロキシキノリン類の研磨液中の濃度が、 $0.001 \sim 1.0$ 重量%であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の研磨液。

【請求項6】 銅の腐食及び変色防止剤としてのベンゾトリアゾールまたはその誘導体、ベンゾイミダゾールまたはフェナセチンのいずれか1種類以上を $0.001 \sim 0.5$ 重量%の濃度で含むことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の研磨液。

【請求項7】 研磨液のpHが $3 \sim 11$ の範囲内にあることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の研磨液。

【請求項8】 界面活性剤を $0.001 \sim 0.1$ 重量%の濃度で含むことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の研磨液。

【請求項9】 表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ基板の表面を研磨するにあたり、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液中で基板の表面を電解研磨し、前記研磨液中に添加したヒドロキシキノリン類と反応して銅の表面に生成されるオキシ銅皮膜を同時に研削することを特徴とする銅を含む研磨面の電気化学的・化学的・機械的な複合研磨方法。

【請求項10】 直流またはパルス電流の一方、或いはこれらの重畳電流を流して電解研磨を行うことを特徴とする請求項9記載の研磨方法。

【請求項11】 電解研磨開始時に、銅の表面積に対して電流密度が $0.5 \sim 5.0 \text{ A/dm}^2$ となる電流を流して電解研磨を行うことを特徴とする請求項9または1

0記載の研磨方法。

【請求項12】 基板の表面に成膜した銅と向かわせて前記研磨液中に多数の陽極と陰極とを該陰極を前記陽極より基板により近接させて交互に配置し、この陽極と陰極との間に電圧を印加して、この時のパイボラ現象により発生する銅表面の正の極性により銅の表面に前記オキシ銅皮膜を生成することを特徴とする請求項9ないし11のいずれかに記載の研磨方法。

【請求項13】 前記研磨液中における前記陰極と前記陽極との間の極間抵抗が $10 \sim 50 \Omega \text{ cm}$ であり、前記陰極と前記陽極との間に印加される電圧が $10 \sim 100 \text{ V}$ であることを特徴とする請求項12記載の研磨方法。

【請求項14】 表面に銅を成膜して該銅を微細窪みに埋込んだ基板の表面を研磨する研磨装置であって、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液を用いた電解研磨と、前記研磨液中に添加したヒドロキシキノリン類と反応して銅の表面に生成されるオキシ銅皮膜の研削を同時に行うようにしたことを特徴とする研磨装置。

【請求項15】 基板を下向きで保持する基板保持部と、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液を保持する研磨槽と、前記研磨槽内に保持した研磨液中に浸漬させて配置した陰極板と、前記陰極板に対向させて前記研磨槽内に保持した研磨液中に浸漬させて配置した研磨具と、前記基板保持部で保持した基板と前記研磨具を相対移動させる相対移動機構を有することを特徴とする研磨装置。

【請求項16】 前記陰極板の表面には、面内を全長に亘って連続して延びる多数の溝が形成されていることを特徴とする請求項15記載の研磨装置。

【請求項17】 基板を保持する基板保持部と、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液を保持する研磨槽と、多数の陽極と陰極とを該陰極を前記陽極より前記基板保持部で保持した基板により近接させ絶縁して交互に配置した電極板と、前記陽極と前記陰極との間に電圧を印加する電源と、前記電極板に対向させて前記研磨槽内に保持した研磨液中に浸漬させて配置した研磨具と、前記基板保持部で保持した基板と前記研磨具を相対移動させる相対移動機構を有することを特徴とする研磨装置。

【請求項18】 前記電極板の表面には、面内を全長に亘って延びる多数の溝が設けられていることを特徴とす

る特徴とする請求項17記載の研磨装置。

【請求項19】 請求項15記載の研磨装置と、請求項17記載の研磨装置とを同一モジュール内の仕切られた部屋の中に配置し、各研磨装置間の基板の移動を前記モジュール内に配置した旋回アームによって行うことを特徴とする研磨装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、研磨液、研磨方法及び研磨装置に関し、特に多層配線構造の半導体装置を形成するため、層間絶縁層に設けた配線用溝に銅等の導電体を埋込んで埋込み配線を形成する際、基板上に堆積した余剰な銅等を除去（研磨）するのに使用される研磨液、並びに該研磨液を用いた研磨方法及び研磨装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体基板上に配線回路を形成するための金属材料として、アルミニウムまたはアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレーション耐性が高い銅（Cu）を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、CVD、スパッタリング及びめっきといった手法によって、基板のほぼ全表面に銅を成膜して基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋込み、余剰な銅を化学機械的研磨（CMP）により除去する、いわゆる、ダマシンプロセスによって一般に形成される。

【0003】図18（a）～（c）は、この種の銅配線基板Wの製造例を工程順に示すもので、図18（a）に示すように、半導体素子を形成した半導体基材1上の導電層1aの上にSiO<sub>2</sub>酸化膜や他のLow-k材等からなる絶縁層2を堆積し、この絶縁層2の内部に、例えばリソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール3と配線用溝4を形成し、その上にTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>等からなるバリア層5、更にその上に電解めっきの給電層としてシード層7を形成する。バリア層5としては、Ta/Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>混合層、TiN、WN、SiTiN、CoWP、CoWB膜等が挙げられる。

【0004】そして、図18（b）に示すように、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、半導体基材1のコンタクトホール3及び配線用溝4内に銅を充填するとともに、絶縁層2上に銅膜6を堆積する。その後、化学機械的研磨（CMP）により、絶縁層2上の銅膜6を除去して、コンタクトホール3及び配線用溝4に充填させた銅膜6の表面と絶縁層2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図18（c）に示すように、銅膜6からなる配線を形成する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このダマシンプロセスは、未だ完成された技術とはいえ、解決すべき多くの課題を抱えている。つまり、前述のように、絶縁層2に配線用溝4等を形成し、表面にバリア層5とシード層7を堆積させた後、配線用溝4等の内部に銅金属を確実に埋め込むためには、絶縁層2の表面上に過剰な銅膜6を堆積させる必要があり、この時、必然的に銅膜6の表面に凹凸が形成される。そして、この過剰な銅膜6を平坦化しつつ研磨する時、以下のような改善すべき点がある。

【0006】① 研磨速度を上げるために研磨圧力を高くすると、研磨後の銅表面にスクラッチ傷やディッシング、エロージョン、リセスなどが生じて製品の品質が低下しやすく、このため、研磨速度を上げることができずに、生産性を犠牲にせざるを得ない。

② 今後、絶縁層材料として、硬度の低いlow-k材料の採用が広まることが予想され、このようにlow-k材料を採用するとこの問題は一層深刻となる。

③ CMP工程では使用される研磨用スラリー液（研磨液）のコストが大きな比重を占め、研磨用スラリー液を回収して再使用することが望まれるが、現状の技術ではこの実用化が容易でない。

④ このため、生産ラインから排出される研磨用スラリーの量も多くなり、環境保全のためにも好ましくない。

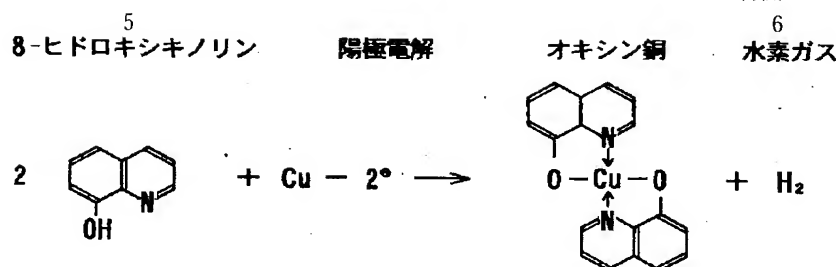
【0007】本発明は上記に鑑みてなされたもので、基板表面に堆積させた過剰の銅膜を、製品の品質低下を防止しつつ、より効率的に、かつ安価に研磨するのに使用される研磨液、並びに該研磨液を用いた研磨方法及び研磨装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ基板の表面を研磨する研磨液であって、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含むことを特徴とする研磨液である。

【0009】このように、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液中で、銅を陽極として電解すると、自然分解するため濃度制御が困難な酸化剤を使用することなく、銅の溶解に伴い銅とヒドロキシキノリンとが反応して銅の表面に不溶性のオキシ銅皮膜が生成される。この時の銅と8-ヒドロキシキノリンとの反応式を下記に示す。

【化1】



この不溶性のオキシ銅は、機械的に極めて脆弱で、研磨パッド等の研磨具を使用した研磨によって容易に研削除去される。しかも、比較的高い電気抵抗を示し、オキシ銅で覆われた部分への通電が抑制される。

【0010】請求項2に記載の発明は、前記無機酸あるいはその塩類は、無機酸のカリウム塩またはアンモニウム塩で、前記有機酸あるいはその塩類は、有機酸のカリウム塩、アンモニウム塩、アミン塩またはヒドロキシアミン塩であることを特徴とする請求項1記載の研磨液である。この無機酸としては、りん酸、ピロりん酸、硫酸、硝酸、塩酸、スルファミン酸、フッ化水素酸などが挙げられる。また、有機酸としては、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、修酸、マロン酸、マイレン酸、コハク酸、クエン酸、グルコン酸、酪酸、グリシン、アミノ安息香酸、ニコチン酸、メタンスルホン酸などが挙げられる。たとえばフッ化水素酸と硝酸など、2種類以上を加えた混合酸であってもよい。

【0011】請求項3に記載の発明は、前記ヒドロキシキノリン類は、2-ヒドロキシキノリン、4-ヒドロキシキノリン、5-ヒドロキシキノリンまたは8-ヒドロキシキノリンであることを特徴とする請求項1または2に記載の研磨液である。8-ヒドロキシキノリンは、一部で工業用薬品として使用されて比較的低価格で容易に入手でき、性能及び価格の面から最も適切である。

【0012】請求項4に記載の発明は、前記水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の研磨液中の濃度が、 $0.01 \sim 5.0 \text{ mol/L}$ であり、かつ研磨液の導電率が、 $0.5 \sim 100 \text{ mS/cm}$ であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の研磨液である。電解電流を  $1 \text{ A/dm}^2$  以上とする時は、研磨液の導電率が  $5 \text{ mS/cm}$  以上となるようにすることが好ましい。

【００１３】請求項５に記載の発明は、前記ヒドロキシキノリン類の研磨液中の濃度が、０．００１～１．０重量％であることを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の研磨液である。このヒドロキシキノリン類の研磨液中の濃度は、０．０１～０．２重量％であることが好ましく、０．０５～０．２重量％であることが更に好ましい。

【００１４】請求項６に記載の発明は、銅の腐食及び変色防止剤としてのベンゾトリアゾールまたはその誘導体、ベンゾイミダゾールまたはフェナセチンのいずれか

1種類以上を0.001～0.5重量%の濃度で含むことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の研磨液である。pHが8以上の研磨液にベンゾトリアゾールを100mg/L以上添加すると、銅の表面に安定な鉛皮膜が過剰に生成され、オキシ銅の生成が防げられる。このため、薬品の種類と濃度は、研磨液の状態に応じて適切に選定される。

【0015】請求項7に記載の発明は、研磨液のpHが3～11の範囲内にあることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の研磨液である。研磨液のpHが5～9の領域にあるときに不溶性のオキシ銅皮膜が特に生成しやすく、オキシ銅皮膜の厚みは、最大1mmにも成長する。研磨液のpHは、研磨工程の目的および進行度により選定することができる。すなわち、基本的には、全工程にわたりオキシ銅皮膜が最も生成されやすい中性領域で使用し、例えば絶縁層の全面が銅膜に覆われている前段では、研磨液のpHを低くし、高い電流密度で電解研磨を主体に銅を速やかに除去するようにすることもできる。この場合は、りん酸濃度を高くし、平滑化効果を上げるためにアルキレングリコール類あるいはアルキレングリコールアルキルエーテルなどを添加併用するのが好ましい。また、研磨の最終工程は、バリア層の研磨選択性を高めるため、研磨液のpHを低く、或いは高くすることもできる。

【0016】請求項8に記載の発明は、界面活性剤を0.001~0.1重量%の濃度で含むことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の研磨液である。このように、非イオン界面活性剤である、例えばポリオキシアリケンアルキルエーテルを添加することで、絶縁層や銅の過剰な研磨を抑制し、残存するバリア層の研磨速度を高くすることができる。この界面活性剤としては、選択的研磨性、砥粒の分散性、水洗性、後の処理工程への影響などを総合的に勘案すると、非イオン系のポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル類、ポリオキシエチレン・ポリオキシプロピレン縮合物、アセチレン系グリコール類、エチレンジアミンポリオキシアリケングリコールなどが適切である。

【0017】請求項9に記載の発明は、表面に銅を成膜して該銅を微細窪み内に埋込んだ基板の表面を研磨するにあたり、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液中で基板の表

面を電解研磨し、前記研磨液中に添加したヒドロキシキノリン類と反応して銅の表面に生成されるオキシ銅皮膜を同時に研削することを特徴とする銅を含む研磨面の電気化学的・化学的・機械的な複合研磨方法である。

【0018】これにより、銅とヒドロキシキノリン類とが反応して銅の表面に生成される不溶性のオキシ銅皮膜の研削除去を繰り返しながら研磨することができる。このオキシ銅皮膜は、比較的高い電気抵抗を示し、このオキシ銅皮膜で覆われた部分への通電は抑制され、金属面が露出している部分へ電流が集中する性質があり、しかも機械的にきわめて脆弱で、回転する低い圧力の研磨パッド等の研磨具で容易に研削除去できる。このため、例えば半導体基板製造のダマシン法における、絶縁層表面の凹凸ある過剰な銅膜の研磨に際し、ヒドロキシキノリン類を含む研磨液中で銅表面を陽極として電解しながら、同時にその表面を研磨パッド等の研磨具で研磨すると、銅表面に生成されたオキシ銅皮膜は、凸部のみが選択的に研削除去され、露出した銅表面には電流が集中して直ちに再度オキシ銅皮膜が生成される。これによって、有効な電流を通電しながらこの操作を継続することで、従来の技術よりも速い速度で、しかも効果的に平坦化しながら銅膜を研磨することが可能となる。

【0019】請求項10に記載の発明は、直流またはパルス電流の一方、或いはこれらの重畳電流を流して電解研磨を行うことを特徴とする請求項9記載の研磨方法である。請求項11に記載の発明は、電解研磨開始時に、銅の表面積に対して電流密度が $0.5 \sim 5.0 \text{ A/dm}^2$ となる電流を流して電解研磨を行うことを特徴とする請求項9または10記載の研磨方法である。

【0020】請求項12に記載の発明は、基板の表面に成膜した銅と向かわせて前記研磨液中に多数の陽極と陰極とを該陰極を前記陽極より基板により近接させて交互に配置し、この陽極と陰極との間に電圧を印加して、この時のバイポーラ現象により発生する銅表面の正の極性により銅の表面に前記オキシ銅皮膜を生成することを特徴とする請求項9ないし11のいずれかに記載の研磨方法である。これにより、例えば基板の表面に堆積させた余剰な銅膜の除去が進んで、バリア層等の下地層が露出し、これによって、電気接点等の外部端子から銅膜への様な通電ができなくなった時でも、バイポーラ現象を利用することで、銅の表面にオキシ銅皮膜を生成することができる。

【0021】請求項13に記載の発明は、前記研磨液中における前記陰極と前記陽極との間の極間抵抗が $10 \sim 50 \Omega \text{ cm}$ であり、前記陰極と前記陽極との間に印加される電圧が $10 \sim 100 \text{ V}$ であることを特徴とする請求項12記載の研磨方法である。

【0022】請求項14に記載の発明は、表面に銅を成膜して該銅を微細窪みに埋込んだ基板の表面を研磨する研磨装置であって、水溶性の無機酸あるいはその塩類、

または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液を用いた電解研磨と、前記研磨液中に添加したヒドロキシキノリン類と反応して銅の表面に生成されるオキシ銅皮膜の研削を同時に行うようにしたことを特徴とする研磨装置である。

【0023】請求項15に記載の発明は、基板を下向きで保持する基板保持部と、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液を保持する研磨槽と、前記研磨槽内に保持した研磨液中に浸漬させて配置した陰極板と、前記陰極板に対向させて前記研磨槽内に保持した研磨液中に浸漬させて配置した研磨具と、前記基板保持部で保持した基板と前記研磨具を相対移動させる相対移動機構を有することを特徴とする研磨装置である。請求項16に記載の発明は、前記陰極板の表面には、面内を全長に亘って連続して延びる多数の溝が形成されていることを特徴とする請求項15記載の研磨装置である。これにより、溝を通過させて研磨液を供給するとともに、生成物や水素ガス、酸素ガス等を排出することができる。

【0024】請求項17に記載の発明は、基板を保持する基板保持部と、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の1種類以上と、ヒドロキシキノリン類の1種類以上を含む研磨液を保持する研磨槽と、多数の陽極と陰極とを該陰極を前記陽極より前記基板保持部で保持した基板により近接させ絶縁して交互に配置した電極板と、前記陽極と前記陰極との間に電圧を印加する電源と、前記電極板に対向させて前記研磨液中に浸漬させて配置した研磨具と、前記基板保持部で保持した基板と前記研磨具を相対移動させる相対移動機構を有することを特徴とする研磨装置である。

【0025】請求項18に記載の発明は、前記電極板の表面には、面内を全長に亘って延びる多数の溝が設けられていることを特徴とする特徴とする請求項16記載の研磨装置である。請求項19に記載の発明は、請求項15記載の研磨装置と、請求項17記載の研磨装置とを同一モジュール内の仕切られた部屋の中に配置し、各研磨装置間の基板の移動を前記モジュール内に配置した旋回アームによって行うことを特徴とする研磨装置である。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明の研磨液は、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の少なくとも一種以上と、ヒドロキシキノリン類の1種以上を含んでいるが、この研磨液の組成及びその性質、研磨液中のヒドロキシキノリン類の作用及び効果、研磨液を用いた研磨に使用される研磨装置の構成を順に説明し、更にこの研磨液を用いて実際に研磨を行った時の実施例について説明する。

【0027】〔研磨液の組成及びその性質〕本発明の研磨液に含まれる水溶性の無機酸あるいはその塩類としては、りん酸、ピロりん酸、硫酸、硝酸、塩酸、スルファミン酸、フッ化水素酸などの無機酸あるいはこれら無機酸のカリウム塩あるいはアンモニウム塩が挙げられる。また、水溶性の有機酸あるいはその塩類としては、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、蓚酸、マロン酸、マイレン酸、コハク酸、クエン酸、グルコン酸、酪酸、グリシン、アミノ安息香酸、ニコチン酸、メタンスルホン酸などの有機酸あるいはこれら有機酸のカリウム塩、アンモニウム塩、アルキルアミン基あるいはヒドロシアルキルアミン塩が挙げられる。これらは、単独あるいは2種類以上の混合溶液として用いてもよく、この水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類の濃度（総濃度）は、例えば0.01～5.0mol/Lである。研磨液の導電率は、例えば0.5～100mS/cmで、電解電流を1A/dm<sup>2</sup>以上とする時は、好ましくは5mS/cm以上である。

【0028】ヒドロキシキノリン類は、例えば、2-ヒドロキシキノリン、4-ヒドロキシキノリン、5-ヒドロキシキノリンあるいは8-ヒドロキシキノリンのいずれか1種類以上が使用されるが、性能および価格の面から8-ヒドロキシキノリンが最も適切である。その濃度は、例えば0.001～1.0重量%、好ましくは0.05～0.2重量%である。この8-ヒドロキシキノリンは、一部で工業用薬品として使用されており、比較的低価格で容易に入手することができる。

【0029】ここで、水溶性の無機酸あるいはその塩類、または水溶性の有機酸あるいはその塩類、および8-ヒドロキシキノリンを含む研磨液中で銅を陽極として電解研磨すると、銅は溶解と同時に8-ヒドロキシキノリンと前述の反応式に従って反応して、銅の表面に不溶性のオキシ銅が生成され、このオキシ銅は、電解の継続とともに鱗片状の皮膜となって成長する。このオキシ銅皮膜は、電気抵抗が高く、電圧の上昇をきたすが、更に電解を継続すると、銅表面から脱落し、この脱落した後に新たなオキシ銅が生成し皮膜に成長することを繰り返す。

【0030】研磨液は、そのpHが、例えば3～11の広い範囲で使用されるが、研磨液中で銅を陽極とした電解研磨で銅の表面に不溶性のオキシ銅皮膜が特に生成しやすいpHの領域は5～9であり、オキシ銅皮膜は、その厚みが最大1mmにも成長する。研磨液のpHは、研磨工程の目的および進行度により選定することができる。すなわち、基本的には全工程にポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル類が最も生成されやすい中性領域で使用されるが、例えば絶縁層の全面が銅膜に覆われている前段では、研磨液のpHを低くし、高い電流密度で電解研磨を主体に銅を速やかに除去することもできる。この場合は、りん酸濃度を高くし、平滑化効果を上げるためにアルキレン

リコール類あるいはアルキレングリコールアルキルエーテルなどを添加併用するのが好ましい。また、研磨の最終工程は、バリア層の研磨選択性を高めるため、研磨液のpHを低く、或いは高くすることもできる。

【0031】研磨液に、銅の変色及び腐食防止剤として、ベンゾトリアゾールやその誘導体、ベンゾイミダゾールまたはフェナセチンなどを、例えば10～1000mg/Lの濃度で添加することで、銅の変色や腐食を効果的に防止することができる。しかし、pHが8以上の研磨液にベンゾトリアゾールを100mg/L以上添加すると、銅の表面に安定な錯体皮膜が過剰に生成され、オキシ銅の生成が防げられる。このため、薬品の種類と濃度は、研磨液の状態に応じて適切に選定する必要がある。

【0032】研磨液に界面活性剤を添加することで、絶縁層や配線用溝に埋込んだ銅配線の過剰な研磨を抑制し、残存するバリア層の研磨速度を高くして、銅膜の研磨の最終工程に適するようにすることができる。この場合、選択的研磨性、砥粒の分散性、水洗性、後の処理工程への影響などを総合的に勘案すると、非イオン系のポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル類、ポリオキシエチレン・ポリオキシプロピレン縮合物、アセチレン系グリコール類、エチレンジアミンポリオキシアルキレングリコールなどの界面活性剤が適切である。

【0033】研磨液に含まれる研磨砥粒としては、銅の研磨が目的となる前段の工程では、アルミナ、コロイダルシリカあるいはアルミナとコロイダルシリカとを併用したものを使用することが好ましく、後段の工程のバリア層を含む研磨には、コロイダルシリカを使用することが好ましい。

【0034】また、例えば絶縁層上に堆積した過剰な銅膜の膜厚が1000nmを超えるような厚い場合には、研磨砥粒を含まず、りん酸およびアルキレングリコール類などを含み、電解時に銅表面の分極作用が大きい研磨液を使用し、3A/dm<sup>2</sup>以上の電流で電解研磨して、過剰な銅膜の大半を高速度で研磨することも効率的である。この研磨液は、銅の研磨混入による性状変化が少なく、研磨装置からの排液を回収し、ろ過した後、濃度の調整することにより、再度使用する工程の合理化が図れる。

【0035】〔研磨液中のヒドロキシキノリン類の作用および効果〕導電性成分として、蓚酸アンモニウム：10g/L、グリシン：10g/L、りん酸：30g/Lを純水に添加して溶解させ、アンモニア水を加えて、pHを8.5に調整し、次いで、8-ヒドロキシキノリン：2g/Lを添加し溶解させた研磨液を用意した。この研磨液の温度を25℃に保ち、光沢硫酸銅めっきで得られた銅箔試片を研磨液中に浸漬させたところ、銅箔面に薄い黄緑色のオキシ銅が生成された。予め重量を測った複数の銅箔試片を研磨液中に浸漬させ、一定時間毎



に1枚ずつ引き上げ、表面のオキシ銅皮膜を拭き取り、水洗、乾燥及び秤量して銅箔の減量を求めた。その結果を図1に示す。この図1により、研磨液中で銅は徐々に溶解してオキシ銅を生成するが、数分後に銅の表面がオキシ銅の皮膜で覆われると銅の溶解が殆ど停止することが判る。

【0036】一対の銅箔を陽極と陰極として、前述と同様な研磨液中に互いに対峙させて浸漬させ、直流電源（整流器）から両極間に電圧を印加して、 $3\text{ A/dm}^2$ の一定電流を流した。この時の両極間の電圧を測定した結果を図2に示す。この図2により、当初は低い電圧で通電されるが、銅の表面にオキシ銅の皮膜が生成されると抵抗が次第に大きくなり、数分後には初期のほぼ2倍の電圧となることが判る。

【0037】前項と同様の実験を、両極間の電圧を5.0Vの一定に保ちながら電解して行った。この時の電流の変化と銅箔の減量を経時的に測定した結果を図3に示す。この図3から、当初は $4\text{ A/dm}^2$ の電流が流れたが、時間とともに電流が低下し、数分後には、初期の1/2以下となり、また、銅箔の減量も通電量にほぼ一致することが判る。

【0038】また、この時に銅箔の表面に生成されるオキシ銅皮膜は、機械的に脆弱で、特に研磨液中で生成され濡れた状態では容易に拭き落とすことができることが確かめられている。従って、例えば研磨パッド等の研磨具の圧力を $100\sim300\text{ g/cm}^2$ に低くして研削しても、銅（オキシ銅皮膜）の十分な研磨速度を確保することができる。

【0039】以上により、ヒドロキシキノリン類と銅が反応して生成されるオキシ銅皮膜の性状から、半導体装置製造のダマシン法において、絶縁層上の過剰な銅膜を平坦に研磨する際、ヒドロキシキノリン類を含む研磨液中で銅面を陽極として電解研磨しつつ、回転する研磨パッド等の研磨具により研磨することで、電解により銅膜の表面に生成されたオキシ銅皮膜が、凸部のみ選択的に研削除去され、凹部は保護される。そして、有効な電流を流してこの操作を継続することにより、銅膜を平坦化する研磨を効率的に行い、かつ銅配線層の損傷の少ない製品を製造できることが判る。

【0040】〔研磨液を用いた研磨に使用される研磨装置の構成〕前述の研磨液を用いた研磨に使用される研磨装置について以下説明する。図4は、本発明の第1の実施の形態の研磨装置10aを示す。この研磨装置10aは、上方に開口して内部に研磨液12を保持する有底円筒状の研磨槽14と、研磨槽14の上方に配置され基板Wを着脱自在に下向きに保持する基板保持部16aとを有している。

【0041】研磨槽14は、モータ等の駆動に伴って回転する主軸18に直結され、底部には、例えばSUS、Pt/Ti、Ir/Ti、Ti、Ta、Nbなど研磨液

に対して安定でかつ電解により不動体化しない金属からなり、研磨液12中に浸漬されてカソードとなる平板状の陰極板20が水平に配置されている。この陰極板20の上面には、縦及び横方向に面内の全長に亘って直線状に延びる格子状の長溝20aが設けられている。更に、陰極板20の上面には、例えば、連続発泡体式で不織布タイプの硬度研磨パッド（例えば：ロデールニッタ社SUBA800）からなる研磨具22が貼り付けられている。

【0042】これによって、主軸18の回転に伴って研磨槽14が研磨具22と一体に回転し、研磨液12の供給に伴って研磨液12が長溝20aを通して流れ、しかも電解研磨に伴って生成される生成物や、水素ガス、酸素ガス等も長溝20aを通して基板Wと研磨具22の間から外方に排出されるようになっている。

【0043】なお、この例では、研磨槽14が回転するようにした例を示しているが、スクロール運動（並進回転運動）するようにしたり、往復動するようにしたりしてもよい。また、長溝20aの形状は、陰極板20の中央部と外周部とで電流密度に差が生じてしまうことを防止するとともに、研磨液や水素ガス等が長溝20aに沿ってスムーズに流れるようにするため、研磨槽14がスクロール運動を行う場合には、格子状であることが好ましく、また研磨槽14が往復動を行う場合には、この移動方向に沿った平行であることが好ましい。

【0044】基板保持部16aは、回転速度が制御可能な回転機構と研磨圧力が調整可能な上下動機構を備えた支持ロッド24の下端に連結され、この下面に、例えば真空吸着方式で基板Wを吸着保持するようになっている。基板保持部16aの下面外周部には、基板保持部16aで基板Wを吸着保持した時、基板Wの周縁部乃至ベベル部と接触して、基板Wの表面に堆積した銅膜6（図10（a）参照）を陽極（アノード）にする電気接点26が設けられている。この電気接点26は、支持ロッド24に内蔵されたロール摺動コネクタおよび配線28aにより、外部に配置した直流及びパルス電流電源としての整流器30の陽極端子へ結線され、前記陰極板20は、配線28bを介して整流器30の陰極端子に結線される。

【0045】この整流器30は、例えば低電圧仕様で、8インチウエハの場合は、 $15\text{ V}\times20\text{ A}$ 程度、12インチウエハの場合は、 $15\text{ V}\times30\text{ A}$ 程度の容量のものが使用される。パルス電流の周波数は、例えば通常～msec.までのものが使用される。更に、研磨槽14の上方に位置して、この内部に研磨液12を供給する研磨液供給ユニット32が配置され、更に各機器及び運転全般を調節し管理する制御ユニット34および安全装置（図示せず）などが備えられている。

【0046】この研磨装置10aは、図10（a）に示すように、基板Wの表面に堆積した余剰な銅膜6が一樣



に連続している時に該銅膜6を研磨するのに適するもので、その研磨動作について説明する。

【0047】研磨槽14内に研磨液12を供給し、この研磨液12が研磨槽14をオーバーフローする状態で、例えば90rpm程度の回転速度で研磨槽14と研磨具22を一体に回転させる。一方、銅めっき等のめっき処理を施した基板Wを基板保持部76で下向きに吸着保持しておく。この状態で、基板Wを前記研磨槽14とは反対方向に、例えば90rpm程度の回転速度で回転させながら下降させ、この基板Wの表面(下面)を、例えば300g/cm<sup>2</sup>程度の一定の圧力で研磨具22の表面に接触させ、同時に、整流器30により陰極板20と電気接点26との間に直流、または、例えば基板上の銅の表面積当たりの電流密度が1~4A/dm<sup>2</sup>程度で、例えば10×10<sup>-3</sup>秒間通電し、同じく10×10<sup>-3</sup>秒間停止するパルス電流を流す。

【0048】すると、銅膜は、従来の技術よりも速い速度で、しかも効果的に平坦化されながら研磨される。つまり、前述のように、研磨液12として、ヒドロキシキノリン類を含むものを使用し、銅を陽極として電解研磨すると、図5(a)に示すように、銅とヒドロキシキノリン類とが反応して銅膜6の表面に不溶性のオキシ銅皮膜6aが生成される。このオキシ銅皮膜6aは、機械的にきわめて脆弱であり、回転する低い圧力の研磨具で容易に研削除去できる。このため、研磨具22で研磨すると、図5(b)に示すように、銅膜6の凸部表面に生成されたオキシ銅皮膜6aが主に研削除去され、この研削除去された部分で銅膜6が外部に露出する。すると、オキシ銅皮膜6aは、比較的高い電気抵抗を示し、このオキシ銅皮膜6aで覆われた部分への通電は抑制され、金属面が露出している部分6bへ電流が集中する性質があり、このため、図5(c)に示すように、先に研磨されて銅膜6が露出した表面にオキシ銅皮膜6aが直ちに生成され、前述と同様に、この後に生成されたオキシ銅皮膜6aが主に研削除去される。つまり、銅膜6の凹部の表面は、オキシ銅皮膜6aで覆われたままの状態、ここの研磨が抑制され、これによって、銅膜6の凸部のみが選択的に研削除去される。銅の不動態化を利用した複合電解研磨である。

【0049】この時、陰極板20の表面に設けた長溝20aから基板Wと研磨具22との間に研磨液12が供給され、この研磨液12中に浮遊する粒子や、反応によって生成される水素ガス等は長溝20aの中を通過して外方にスムーズに流出する。そして、研磨終了後、基板保持部16aで保持した基板Wを上昇させ、この基板Wの回転を停止して、研磨終了後の基板Wを次工程に搬送する。

【0050】図6は、本発明の第2の実施の形態の研磨装置10bを示す。この研磨装置10bの前記図4に示す研磨装置10aと異なる点は、研磨槽14の底部に、

内部に多数の陰極ロッド140と陽極ロッド42とを交互に配置した、絶縁材からなる電極板44を水平に配置した点である。ここに、この電極板44の上面には、縦及び横方向に面内の全長に亘って直線状に延びる格子状の長溝44aが設けられている。そして、陰極ロッド140は、この長溝44aに沿って、その上面が長溝44aの底面とほぼ面一となるように配置され、陽極ロッド42は、この長溝44aに沿って、その上面が長溝44aの底面から、例えば10~30mm下方に位置するように配置され、この陽極ロッド42の上方には、発生する微少なガス及び研磨液が流通できる有孔性の充填材145が充填されている。

【0051】そして、全ての陽極ロッド42は、配線46aを介して外部に配置された直流及びパルス電流電源としての整流器148の陽極端子へ結線されており、また全ての陰極ロッド140は、配線46bを介して互いに整流器148の陰極端子に結線されている。この整流器148は、例えば低電圧仕様で、100V×10A程度の容量のものが使用される。パルス電流の周波数は、例えば通常~msec.までのものが使用される。

【0052】これにより、電極板44に金属(銅)を近接して配置し、この電極板44の陰極ロッド140と陽極ロッド42との間に整流器148から電圧を印加すると、この時のパイボラ現象により、金属(銅)の表面の陰極ロッド140に近接した位置に、局部的に正の極性が発生するようになっている。更に、この例にあっては、研磨槽14をオーバーフローした研磨液12を回収し、ろ過した後、再生する研磨液再生ユニット50が備えられている。また、基板保持部16bとして、電気接点を有さないものが使用されている。

【0053】この研磨装置10bは、図10(b)に示すように、基板Wの表面に堆積した余剰銅膜6の研磨が進み、バリア層5が表面に露出して銅膜6が島状になった時に基板の表面のバリア層5及び銅膜6を研磨するのに適するものである。つまり、このように、銅膜6が島状になると、電気接点等の外部端子から銅膜6への一様な通電ができなくなる。このような場合でも、この実施の形態の研磨装置10bによれば、パイボラ現象を利用し、銅の表面を局部的に正の極性とする事で、銅の表面にオキシ銅皮膜を生成することができる。この研磨装置10bの研磨動作は、電解研磨の際に電極板44に設けた陰極ロッド140と陽極ロッド42との間に、例えば50Vの電圧を印加する以外は、前述の研磨装置10aの場合と同様である。

【0054】この研磨装置10bによれば、バリア層5及び銅膜6とが表面に露出している場合であっても、銅膜6の過剰な研磨を抑制し、残存するバリア層5の研磨速度を高くして、両者を同一レートで平坦に研磨し、しかも配線となる銅膜6の欠損を防ぐことができる。つまり、前述のように、研磨液12として、ヒドロキシキノ

リン類を含むものを使用し、銅をバイポーラ現象により正極化して電解研磨すると、図7(a)に示すように、銅とヒドロキシキノリン類とが反応して銅膜6の表面に不溶性のオキシ銅皮膜6aが生成される。このオキシ銅皮膜6aは、電解液に溶けず、このため、このオキシ銅皮膜6aで覆われた銅膜6はケミカルエッチングを受けない。このため、バリア層5の表面のみが電解研磨され、このバリア層5の電解研磨によって、図7

(b)に示すように、銅膜6がバリア層5のなす平面から上方に突出する。すると、このように、上方に突出した銅膜6の表面には、前述のように、機械的にきわめて脆弱で、回転する低い圧力の研磨具で容易に研削除去できるオキシ銅皮膜6aが生成されており、このためこのオキシ銅皮膜6aが研削除去されて平坦となる。しかも、回転する低い圧力の研磨具22で銅膜6(オキシ銅皮膜6a)を研削除去するため、銅膜6の表面が欠損することを防止することができる。なお、バリア層5が露出する前にあっては、前述の研磨装置10aの場合と同様にして、銅膜6の凸部のみが選択的に研削除去される。第1研磨処理液と第2研磨処理液は、組成を変えてもよい。第2研磨工程では導電性の異なる銅膜とバリア膜を同時に同じレートで研磨する必要があるため、銅膜は不動態膜化するが、バリア膜は化学研磨要素を多くした研磨液が必要となる。

【0055】図8は、図4に示す研磨装置10aと図6に示す研磨装置10bとを備えた配線形成装置の平面配置図を示す。この配線形成装置は、ハウジング52の内部に位置して、ロード・アンロード部54と、このロード・アンロード部54の反対側から順に配置された銅めっき装置156、洗浄装置158、アニール装置160、図4に示す研磨装置(第1研磨装置)10a、図6に示す研磨装置(第2研磨装置)10b及び洗浄乾燥装置162とを有し、更に搬送経路66に沿って走行自在で、これらの間で基板の受渡しを行う搬送装置68が備えられている。

【0056】次に、図9及び図10を参照して配線形成処理について説明する。表面にシード層7を形成した基板W(図18(a)参照)をロード・アンロード部54から搬送装置68で一枚ずつ取り出し、銅めっき装置156に搬入する。そして、この銅めっき装置156で、例えば電解銅めっき処理を行って、図10(a)に示すように、基板Wの表面に銅膜6を形成する。次に、この銅めっき処理後の基板Wを洗浄装置158に搬送して洗浄し、しかる後、アニール装置160に搬送する。そして、銅膜6を堆積させた基板Wに熱処理を施して銅膜6をアニールし、第1研磨装置10aに搬送する。

【0057】そして、この第1研磨装置10aで、基板Wの表面に(被めっき面)に第1研磨処理を施し、これによって、バリア層5の上面に堆積させた銅膜6を研磨し、バリア層5の銅膜6の膜厚が所定の値に達した時に

第1研磨を終了する。このように、第1研磨装置10aで第1研磨を行うことで、研磨速度を速くすることができる。しかる後、この基板Wを第2研磨装置10bに搬送して基板Wの表面に第2研磨処理を施す。この時、図10(b)に示すように、バリア層5が露出した時点で、絶縁層2上のバリア層5と銅膜6の表面とを同時に研磨し、これによって、図10(c)に示すように、絶縁層2の表面と銅膜6からなる配線の表面が同一平面となるようにする。すなわち、第2研磨装置10bにあっては、従来の化学的機械的研磨(CMP)に合わせバイポーラ現象を利用し、銅の表面を局部的に正の極性とするので、銅の表面にオキシ銅皮膜を生成することができ、このため、バリア層5が露出して銅膜6が島状に分離した状態になっても、研磨処理を継続することができる。そして、この研磨処理後の基板を洗浄乾燥装置162に搬送し、ここで基板を洗浄し乾燥させた後、搬送装置68でロード・アンロード部54の元のカセットに戻す。

【0058】図11及び図12は、本発明の更に他の実施の形態の研磨装置10cを示す。この研磨装置10cは、図4に示す研磨装置(第1研磨装置)10aと図6に示す第2研磨装置(第2研磨装置)10bとを同一モジュール70内の仕切られた部屋の中に配置し、この部屋の内部に配置した回転アーム72によって、基板Wの第1研磨装置10aと第2研磨装置10bとの間の受渡しを行うようにしたものである。すなわち、この研磨装置10cは、図12に示すように、着脱自在な電極リング74を備え、回転アーム72の自由端に連結された基板保持部76を有し、この電極リング74を装着した基板保持部76によって第1研磨装置10aの基板保持部16aを、電極リング74を外した基板保持部76によって第2研磨装置10bの基板保持部16bをそれぞれ構成するようになっている。そして、モジュール70の内部に、電極リング74を着脱する電極リング着脱ステージ78が配置されている。

【0059】この例によれば、電極リング74を装着した状態で、モジュール70の外部で基板を基板保持部76で吸着保持してモジュール70の内部に搬入し、この電極リング74を装着した基板保持部76で第1研磨装置10aを構成して、前述と同様な第1研磨処理を行う。そして、この第1研磨処理終了後、基板Wを保持したまま、基板保持部76を電極リング着脱ステージ78に移動させ、ここで電極リング74を外し、この電極リング74を外した基板保持部76で第2研磨装置10bを構成して、前述と同様な第2研磨処理を行う。そして、この第2研磨処理終了後の基板を基板保持部76で保持したまま、モジュール70の外部に搬送する。

【0060】この研磨装置10cにあっては、図13に示すように、図8に示す第1研磨装置10aと第2研磨装置10bの配置位置に研磨装置10cを配置すること

で、連続した配線形成処理を行うことができる。

【0061】図14乃至図16は、本発明の更に他の実施の形態の研磨装置10dを示す。この研磨装置10dは、前述の第1研磨処理と第2研磨処理を同一の研磨槽内で行えるようにしたもので、前記図6に示す研磨装置10bと異なる点は、図4に示す研磨装置10aに備えられている基板保持部16aと整流器（第1整流器）30とを備え、この第1整流器30の陽極から延びる配線28aを基板保持部16aの電気接点26に結線し、陰極から延びる配線28bを整流器（第2整流器）148の陰極から延びる配線46aに繋ぎ、更に、この整流器30、148の切換えを行えるようにしたものである。

【0062】また、この例にあっては、研磨槽14がスクロール運動を行うように構成されているとともに、研磨槽14及び電極板44の内部に上下に連通する研磨液流通路51（図15参照）が設けられ、この研磨液流通路51から研磨液12が研磨槽14の内部に供給されるようになっている。

【0063】更に、電極板44の上面に、例えば深さH<sub>1</sub>が3mm程度の長溝44aが設けられ、この長溝44aの底面と陽極ロッド42の上面が面一となり、また長溝44aで仕切られて矩形状に突出した各部の中央に陰極ロッド140が配置され、この陰極ロッド140の上部には、例えば深さH<sub>2</sub>が1mmの凹部44bが設けられ、この凹部44bと長溝44aとが十字状に延びる連通溝44cを介して互いに連通するようになっている。これにより、研磨液流通路51から研磨槽14内に供給された研磨液12は、長溝44aに沿って流れ、更に連通溝44cから凹部44bの内部に達し、これによって、陰極ロッド140及び陽極ロッド42の上面が研磨液12に接触する。

【0064】この例によれば、第1整流器30から電気接点26と陰極ロッド140との間に電圧を印加して、前述の第1研磨処理を行い、整流器を切換えて、第2整流器148から陰極ロッド140と陽極ロッド42との間に電圧を印加して、前述の第2研磨処理を行うことができる。

【0065】図19乃至図27は、図8に備えられている銅めっき装置156を構成する電気めっき装置を示す。この電気めっき装置は、図19に示すように、略円筒状で内部にめっき液45を収容するめっき処理槽46と、このめっき処理槽46の上方に配置されて基板Wを保持するヘッド部47とから主に構成されている。なお、図6は、ヘッド部47で基板Wを保持してめっき液45の液面を上昇させためっき位置にある時の状態を示している。

【0066】前記めっき処理槽46には、上方に開放し、アノード48を底部に配置しためっき室49を有し、このめっき室49内にめっき液45を保有するめっき槽50が備えられている。前記めっき槽50の内周壁

には、めっき室49の中心に向かって水平に突出するめっき液噴出ノズル53が円周方向に沿って等間隔で配置され、このめっき液噴出ノズル53は、めっき槽50の内部を上下に延びるめっき液供給路に連通している。

【0067】更に、この例では、めっき室49内のアノード48の上方位置に、例えば3mm程度の多数の穴を設けたパンチプレート220が配置され、これによって、アノード48の表面に形成されたブラックフィルムがめっき液45によって巻き上げられ、流れ出すことを防止するようになっている。

【0068】また、めっき槽50には、めっき室49内のめっき液45を該めっき室49の底部周縁から引抜く第1めっき液排出口57と、めっき槽50の上端部に設けた堰部材58をオーバーフローしためっき液45を排出する第2めっき液排出口59と、この堰部材58をオーバーフローする前のめっき液45を排出する第3めっき液排出口120が設けられ、更に、堰部材58の下部には、図25に示すように、所定間隔毎に所定幅の開口222が設けられている。

【0069】これによって、めっき処理時にあって、供給めっき量が大きい時には、めっき液を第3めっき液排出口120から外部に排出する共に、図25（a）に示すように、堰部材58をオーバーフローさせ、更に開口222を通過させて第2めっき液排出口59からも外部に排出する。また、めっき処理時にあって、供給めっき量が小さい時には、めっき液を第3めっき液排出口120から外部に排出すると共に、図25（b）に示すように、開口222を通過させて第2めっき液排出口59からも外部に排出し、これによって、めっき量の大小に容易に対処できるようになっている。

【0070】更に、図25（d）に示すように、めっき液噴出ノズル53の上方に位置して、めっき室49と第2めっき液排出口59とを連通する液面制御用の貫通孔224が円周方向に沿った所定のピッチで設けられ、これによって、非めっき時にめっき液を貫通孔224を通過させ第2めっき液排出口59から外部に排出することで、めっき液の液面を制御するようになっている。なお、この貫通孔224は、めっき処理時にオリフィスの如き役割を果たして、ここから流れ出すめっき液の量が制限される。

【0071】図20に示すように、第1めっき液排出口57は、めっき液排出管60aを介してリザーバ226に接続され、このめっき液排出管60aの途中に流量調整器61aが介装されている。第2めっき液排出口59と第3めっき液排出口120は、めっき槽50の内部で合流した後、めっき液排出管60bを介して直接リザーバ226に接続されている。

【0072】このリザーバ226に入っためっき液45は、リザーバ226からポンプ228によりめっき液調整タンク40に入る。このめっき液調整タンク40に

10

20

30

40

50

は、温度コントローラ230や、サンプル液を取り出して分析するめっき液分析ユニット232が付設されており、単一のポンプ234の駆動に伴って、めっき液調整タンク40からフィルタ236を通して、めっき液45が銅めっき装置156のめっき液噴出ノズル53に供給されるようになっている。このめっき液調整タンク40から銅めっき装置156に延びるめっき液供給管55の途中に、二次側の圧力を一定にする制御弁56が備えられている。

【0073】図19に戻って、めっき室49の内部の周辺近傍に位置して、該めっき室49内のめっき液45の上下に分かれた上方の流れでめっき液面の中央部を上方に押し上げ、下方の流れをスムーズにするとともに、電流密度の分布をより均一になるようにした鉛直整流リング62と水平整流リング63が該水平整流リング63の外周端をめっき槽50に固着して配置されている。

【0074】一方、ヘッド部47には、回転自在な下方に開口した有底円筒状で周壁に開口94を有するハウジング70と、下端に押圧リング240を取付けた上下動自在な押圧ロッド242が備えられている。ハウジング70の下端には、図10及び図23及び図24に示すように、内方に突出するリング状の基板保持部72が設けられ、この基板保持部72に、内方に突出し、上面の先端が上方に尖塔状に突出するリング状のシール材244が取付けられている。更に、このシール材244の上方にカソード電極用接点76が配置されている。また、基板保持部72には、水平方向に外方に延び、更に外方に向けて上方に傾斜して延びる空気抜き穴75が円周方向に沿って等間隔に設けられている。

【0075】これによって、図19に示すように、めっき液45の液面を下げた状態で、図23及び図24に示すように、基板Wを吸着ハンドH等で保持してハウジング70の内部に入れて基板保持部72のシール材244の上面に載置し、吸着ハンドHをハウジング70から引抜いた後、押圧リング240を下降させる。これにより、基板Wの周縁部をシール材244と押圧リング240の下面で挟持して基板Wを保持し、しかも基板Wを保持した時に基板Wの下面とシール材244が圧接して、ここを確実にシールし、同時に、基板Wとカソード電極用接点76とが通電するようになっている。

【0076】図19に戻って、ハウジング70は、モータ246の出力軸248に連結されて、モータ246の駆動によって回転するように構成されている。また、押圧ロッド242は、モータ246を囲繞する支持体250に固着したガイド付きシリンダ252の作動によって上下動するスライダ254の下端にベ어링256を介して回転自在に支承したリング状の支持枠258の円周方向に沿った所定位置に垂設され、これによって、シリンダ252の作動によって上下動し、しかも基板Wを保持した時にハウジング70と一体に回転するようにな

っている。

【0077】支持体250は、モータ260の駆動に伴って回転するボールねじ261と螺合して上下動するスライドベース262に取付けられ、更に上部ハウジング264で囲繞されて、モータ260の駆動に伴って、上部ハウジング264と共に上下動するようになっている。また、めっき槽50の上面には、めっき処理時にハウジング70の周囲を囲繞する下部ハウジング257が取付けられている。

【0078】これによって、図22に示すように、支持体250と上部ハウジング264とを上昇させた状態で、メンテナンスを行うことができるようになっている。また、堰部材58の内周面にはめっき液の結晶が付着し易いが、このように、支持体250と上部ハウジング264とを上昇させた状態で多量のめっき液を流して堰部材58をオーバーフローさせることで、堰部材58の内周面へのめっき液の結晶の付着を防止することができる。また、めっき槽50には、めっき処理時にオーバーフローするめっき液の上方を覆うめっき液飛散防止カバー50bが一体に設けられているが、このめっき液飛散防止カバー50bの下面に、例えばHIREC（NTTアドバンステクノロジー社製）等の超撥水材をコーティングすることで、ここにめっき液の結晶が付着することを防止することができる。

【0079】ハウジング70の基板保持部72の上方に位置して、基板Wの芯出しを行う基板芯出し機構270が、この例では円周方向に沿った4カ所に設けられている。図26は、この基板芯出し機構270の詳細を示すもので、これは、ハウジング70に固定した門形のブラケット272と、このブラケット272内に配置した位置決めブロック274とを有し、この位置決めブロック274は、その上部において、ブラケット272に水平方向に固定した枢軸276を介して揺動自在に支承され、更にハウジング70と位置決めブロック274との間に圧縮コイルばね278が介装されている。これによって、位置決めブロック274は、圧縮コイルばね278を介して枢軸276を中心に下部が内方に突出するように付勢され、その上面274aがストップとしての役割を果たしブラケット272の上部下面272aに当接することで、位置決めブロック274の動きが規制されるようになっている。更に、位置決めブロック274の内面は、上方に向けて外方に拡がるテーパ面274bとなっている。

【0080】これによって、例えば搬送ロボット等の吸着ハンドで基板を保持しハウジング70内に搬送して基板保持部72の上に載置した際、基板の中心が基板保持部72の中心からずれていると圧縮コイルばね278の弾性力に抗して位置決めブロック274が外方に回転し、搬送ロボット等の吸着ハンドによる把持を解くと、圧縮コイルばね278の弾性力で位置決めブロック27

10

20

30

40

50

4が元の位置に復帰することで、基板の芯出しを行うことができるようになっていく。

【0081】図27は、カソード電極用接点76のカソード電極板208に給電する給電接点（プローブ）77を示すもので、この給電接点77は、プランジャで構成されているとともに、カソード電極板208に達する円筒状の保護体280で包囲されて、めっき液から保護されている。

【0082】次に、この銅めっき装置（電気めっき装置）156によるめっき処理について説明する。まず、銅めっき装置156に基板を受渡す時には、図8に示す搬送ロボット68の吸着ハンドと該ハンドで表面を下に向けて吸着保持した基板Wを、ハウジング70の開口94からこの内部に挿入し、吸着ハンドを下方に移動させた後、真空吸着を解除して、基板Wをハウジング70の基板保持部72上に載置し、しかる後、吸着ハンドを上昇させてハウジング70から引抜く。次に、押圧リング240を下降させて、基板Wの周縁部を基板保持部72と押圧リング240の下面で挟持して基板Wを保持する。

【0083】そして、めっき液噴出ノズル53からめっき液45を噴出させ、同時にハウジング70とそれに保持された基板Wを中速で回転させ、めっき液45が所定の量まで充たされ、更に数秒経過した時に、ハウジング70の回転速度を低速回転（例えば、 $100\text{ min}^{-1}$ ）に低下させ、アノード48を陽極、基板処理面を陰極としてめっき電流を流して電解めっきを行う。

【0084】通電を終了した後、図25（d）に示すように、めっき液噴出ノズル53の上方に位置する液面制御用の貫通孔224のみからめっき液が外部に流出するようにめっき液の供給量を減少させ、これにより、ハウジング70及びそれに保持された基板をめっき液面上に露出させる。このハウジング70とそれに保持された基板Wが液面より上にある位置で、高速（例えば、 $500\sim800\text{ min}^{-1}$ ）で回転させてめっき液を遠心力により液切りする。液切りが終了した後、ハウジング70が所定の方向に向くようにしてハウジング70の回転を停止させる。

【0085】ハウジング70が完全に停止した後、押圧リング240を上昇させる。次に、搬送ロボット28bの吸着ハンドを吸着面を下に向けて、ハウジング70の開口94からこの内部に挿入し、吸着ハンドが基板を吸着できる位置にまで吸着ハンドを下降させる。そして、基板を吸着ハンドにより真空吸着し、吸着ハンドをハウジング70の開口94の上部の位置にまで移動させて、ハウジング70の開口94から吸着ハンドとそれに保持した基板を取り出す。

【0086】この銅めっき装置156によれば、ヘッド部47の機構的な簡素化及びコンパクト化を図り、かつめっき処理槽46内のめっき液の液面がめっき時液面に

ある時にめっき処置を、基板受渡し時液面にある時に基板の水切りと受渡しを行い、しかもアノード48の表面に生成されたブラックフィルムの乾燥や酸化を防止することができる。

【0087】図28乃至図33は、銅めっき装置156を構成する他の電気めっき装置を示す。この銅めっき装置には、図28に示すように、めっき処理及びその付帯処理を行う基板処理部2-1が設けられ、この基板処理部2-1に隣接して、めっき液を溜めるめっき液トレー2-2が配置されている。また、回転軸2-3を中心に揺動するアーム2-4の先端に保持され、基板処理部2-1とめっき液トレー2-2との間を揺動する電極部2-5を有する電極アーム部2-6が備えられている。

【0088】更に、基板処理部2-1の側方に位置して、プレコート・回収アーム2-7と、純水やイオン水等の薬液、更には気体等を基板に向けて噴射する固定ノズル2-8が配置されている。ここでは、3個の固定ノズル2-8が配置され、その内の1個を純水供給用に用いている。基板処理部2-1は、図29及び図30に示すように、めっき面を上にして基板Wを保持する基板保持部2-9と、この基板保持部2-9の上方で該基板保持部2-9の周縁部を囲むように配置されたカソード部2-10が備えられている。更に基板保持部2-9の周囲を囲んで処理中に用いる各種薬液の飛散を防止する有底略円筒状のカップ2-11が、エアシリンダ2-12を介して上下動自在に配置されている。

【0089】ここで、基板保持部2-9は、エアシリンダ2-12によって、下方の基板受け渡し位置Aと、上方のめっき位置Bと、これらの中間の前処理・洗浄位置Cとの間を昇降するようになっている。また基板保持部2-9は、回転モータ2-14及びベルト2-15を介して任意の加速度及び速度で前記カソード部2-10と一体に回転するように構成されている。この基板受け渡し位置Aに対向して、電解銅めっき装置のフレーム側面の搬送ロボット（図示せず）側には、基板搬出入口（図示せず）が設けられ、基板保持部2-9がめっき位置Bまで上昇したときに、基板保持部2-9で保持された基板Wの周縁部に下記のカソード部2-10のシール部材2-16とカソード電極2-17が当接するようになっている。一方、カップ2-11は、その上端が前記基板搬出入口の下方に位置し、図30の仮想線で示すように、上昇したときにカソード部2-10の上方に達するようになっている。

【0090】基板保持部2-9がめっき位置Bまで上昇した時に、この基板保持部2-9で保持した基板Wの周縁部にカソード電極2-17が押し付けられ基板Wに通電される。これと同時にシール部材2-16の内周端部が基板Wの周縁上面に圧接し、ここを水密的にシールして、基板Wの上面に供給されるめっき液が基板Wの端部から染み出すのを防止すると共に、めっき液がカソード

電極2-17を汚染するのを防止している。

【0091】電極アーム部2-6の電極部2-5は、図31に示すように、揺動アーム2-4の自由端に、ハウジング2-18と、このハウジング2-18の周囲を囲む中空の支持枠2-19と、ハウジング2-18と支持枠2-19で周縁部を挟持して固定したアノード2-20とを有している。アノード2-20は、ハウジング2-18の開口部を覆っており、ハウジング2-18の内部には、吸引室2-21が形成されている。そして吸引室2-21には、図32及び図33に示すように、めっき液を導入排出するめっき液導入管2-28及びめっき液排出管（図示せず）が接続されている。さらにアノード2-20には、その全面に亘って上下に連通する多数の通孔2-20bが設けられている。

【0092】この実施の形態にあっては、アノード2-20の下面に該アノード2-20の全面を覆う保水性材料からなるめっき液含浸材2-22を取付け、このめっき液含浸材2-22にめっき液を含ませて、アノード2-20の表面を湿潤させることで、ブラックフィルムの基板のめっき面への脱落を防止し、同時に基板のめっき面とアノード2-20との間にめっき液を注入する際に、空気を外部に抜きやすくしている。このめっき液含浸材2-22は、例えばポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリ塩化ビニル、テフロン、ポリビニルアルコール、ポリウレタン及びこれらの誘導体の少なくとも1つの材料からなる織布、不織布またはスポンジ状の構造体、あるいはポーラスセラムックスからなる。

【0093】めっき液含浸材2-22のアノード2-20への取付けは、次のように行っている。即ち、下端に頭部を有する多数の固定ピン2-25を、この頭部をめっき液含浸材2-22の内部に上方に脱出不能に収納し軸部をアノード2-20の内部を貫通させて配置し、この固定ピン2-25をU字状の板ばね2-26を介して上方に付勢させることで、アノード2-20の下面にめっき液含浸材2-22を板ばね2-26の弾性力を介して密着させて取付けている。このように構成することにより、めっきの進行に伴って、アノード2-20の肉厚が徐々に薄くなっても、アノード2-20の下面にめっき液含浸材2-22を確実に密着させることができる。したがって、アノード2-20の下面とめっき液含浸材2-22との間に空気が混入してめっき不良の原因となることが防止される。

【0094】なお、アノードの上面側から、例えば径が2mm程度の円柱状のPVC（ポリ塩化ビニル）またはPET（ポリエチレンテレフタレート）製のピンをアノードを貫通させて配置し、アノード下面に現れた該ピンの先端面に接着剤を付けてめっき液含浸材と接着固定するようにしても良い。アノードとめっき液含浸材は、接触させて使用することもできるが、アノードとめっき液

含浸材との間に隙間を設け、この隙間にめっき液を保持させた状態でめっき処理することもできる。この隙間は20mm以下の範囲から選ばれるが、好ましくは0.1～10mm、より好ましくは1～7mmの範囲から選ばれる。特に、溶解性アノードを用いた場合には、下からアノードが溶解していくので、アノードとめっき液含浸材の隙間は時間を経るにつれて大きくなり、0～20mm程度の隙間ができる。

【0095】そして、前記電極部2-5は、基板保持部2-9がめっき位置B（図30参照）にある時に、基板保持部2-9で保持された基板Wとめっき液含浸材2-22との隙間が、0.1～10mm程度、好ましくは0.3～3mm、より好ましくは0.5～1mm程度となるまで下降し、この状態で、めっき液供給管からめっき液を供給して、めっき液含浸材2-22にめっき液を含ませながら、基板Wの上面（被めっき面）とアノード2-20との間にめっき液を満たし、基板Wの上面（被めっき面）とアノード2-20との間にめっき電源から電圧を印加することで、基板Wの被めっき面にめっきが施される。

【0096】次に、この銅めっき装置（電気めっき装置）156によるめっき処理について説明する。まず、基板受け渡し位置Aにある基板保持部2-9にめっき処理前の基板Wを搬送ロボット68（図8参照）で搬入し、基板保持部2-9上に載置する。次にカップ2-11を上昇させ、同時に基板保持部2-9を前処理・洗浄位置Cに上昇させる。この状態で退避位置にあったプレコート・回収アーム2-7を基板Wの対峙位置へ移動させ、その先端に設けたプレコートノズルから、例えば界面活性剤からなるプレコート液を基板Wの被めっき面に間欠的に吐出する。この時、基板保持部2-9は回転しているため、プレコート液は基板Wの全面に行き渡る。次に、プレコート・回収アーム2-7を退避位置に戻し、基板保持部2-9の回転速度を増して、遠心力により基板Wの被めっき面のプレコート液を振り切って乾燥させる。

【0097】続いて、電極アーム部2-6を水平方向に旋回させ、電極部2-5がめっき液トレー2-2上方からめっきを施す位置の上方に位置させ、この位置で電極部2-5をカソード部2-10に向かって下降させる。電極部2-5の下降が完了した時点で、アノード2-20とカソード部2-10にめっき電圧を印加し、めっき液を電極部2-5の内部に供給して、アノード2-20を貫通しためっき液供給口よりめっき液含浸材2-22にめっき液を供給する。この時、めっき液含浸材2-22は基板Wの被めっき面に接触せず、0.1～10mm程度、好ましくは0.3～3mm、より好ましくは0.5～1mm程度に接近した状態となっている。

【0098】めっき液の供給が続くと、めっき液含浸材2-22から染み出したCuイオンを含んだめっき液



が、めっき液含浸材2-22と基板Wの被めっき面との間の隙間に満たされ、基板Wの被めっき面にCuめっきが施される。この時、基板保持部2-9を低速で回転させても良い。

【0099】めっき処理が完了すると、電極アーム部2-6を上昇させた後に回転させて、電極部2-5をめっき液トレイ2-2上方へ戻し、通常位置へ下降させる。次に、プレコート・回収アーム2-7を退避位置から基板Wに対峙する位置へ移動させて下降させ、めっき液回収ノズル（図示せず）から基板W上のめっき液の残部を回収する。このめっき液の残部の回収が終了した後、プレコート・回収アーム2-7を待避位置に戻し、基板Wの中央部に純水を吐出し、同時に基板保持部2-9をスピードを増して回転させ基板Wの表面のめっき液を純水に置換する。

【0100】上記リンス終了後、基板保持部2-9をめっき位置Bから前処理・洗浄位置Cへ下降させ、純水用の固定ノズル2-8から純水を供給しつつ基板保持部2-9及びカソード部2-10を回転させて水洗を実施する。この時、カソード部2-10に直接供給した純水、又は基板Wの面から飛散した純水によってシール部材2-16、カソード電極2-17も基板Wと同時に洗浄することができる。

【0101】水洗完了後に、固定ノズル2-8からの純水の供給を停止し、更に基板保持部2-9及びカソード部2-10の回転スピードを増して、遠心力により基板Wの表面の純水を振り切って乾燥させる。併せて、シール部材2-16及びカソード電極2-17も乾燥される。上記乾燥が終了すると基板保持部2-9及びカソード部2-10の回転を停止させ、基板保持部2-9を基板受渡し位置Aまで下降させる。

【0102】図34は、前述のめっき装置を備えた基板処理装置の平面配置図を示す。図示するように、この基板処理装置は、半導体基板を収容した基板カセットの受け渡しを行う搬入・搬出エリア520と、プロセス処理を行うプロセスエリア530と、プロセス処理後の半導体基板の洗浄及び乾燥を行う洗浄・乾燥エリア540を具備する。洗浄・乾燥エリア540は、搬入・搬出エリア520とプロセスエリア530の間に配置されている。搬入・搬出エリア520と洗浄・乾燥エリア540には隔壁521を設け、洗浄・乾燥エリア540とプロセスエリア530の間には隔壁523を設けている。

【0103】隔壁521には、搬入・搬出エリア520と洗浄・乾燥エリア540との間で半導体基板を受け渡すための通路（図示せず）を設け、該通路を開閉するためのシャッター522を設けている。また、隔壁523にも洗浄・乾燥エリア540とプロセスエリア530との間で半導体基板を受け渡すための通路（図示せず）を設け、該通路を開閉するためのシャッター524を設けている。洗浄・乾燥エリア540とプロセスエリア530

0は独自に給排気できるようになっている。

【0104】上記構成の半導体基板配線用の基板処理装置はクリーンルーム内に設置され、各エリアの圧力は、（搬入・搬出エリア520の圧力）＞（洗浄・乾燥エリア540の圧力）＞（プロセスエリア530の圧力）に設定され、且つ搬入・搬出エリア520の圧力は、クリーンルーム内圧力より低く設定される。これにより、プロセスエリア530から洗浄・乾燥エリア540に空気が流出しないようにし、洗浄・乾燥エリア540から搬入・搬出エリア520に空気が流出しないようにし、さらに搬入・搬出エリア520からクリーンルーム内に空気が流出しないようにしている。

【0105】搬入・搬出エリア520には、半導体基板を収容した基板カセットを収納するロードユニット520aとアンロードユニット520bが配置されている。洗浄・乾燥エリア540には、めっき処理後の処理を行う各2基の水洗部541、乾燥部542が配置されると共に、半導体基板の搬送を行う搬送部（搬送ロボット）543が備えられている。ここに水洗部541としては、例えば前端にスポンジがついたペンシル型のものやスポンジ付きローラ形式のものが用いられる。乾燥部542としては、例えば半導体基板を高速でスピンさせて脱水、乾燥させる形式のものが用いられる。プロセスエリア530内には、半導体基板のめっきの前処理を行う前処理槽531と、銅めっき処理を行うめっき槽（めっき装置）532が配置されると共に、半導体基板の搬送を行う搬送部（搬送ロボット）533が備えられている。

【0106】図35は、基板処理装置内の気流の流れを示す。洗浄・乾燥エリア540においては、配管546より新鮮な外部空気が取込まれ、高性能フィルタ544を通してファンにより押込まれ、天井540aよりダウンフローのクリーンエアとして水洗部541、乾燥部542の周囲に供給される。供給されたクリーンエアの大部分は、床540bより循環配管545により天井540a側に戻され、再び高性能フィルタ544を通してファンにより押込まれて、洗浄・乾燥エリア540内に循環する。一部の気流は、水洗部541及び乾燥部542内からダクト552を通して排気される。

【0107】プロセスエリア530は、ウェットゾーンといいながらも、半導体基板表面にパーティクルが付着することは許されない。このためプロセスエリア530内に天井530aより、ファンにより押込まれて高性能フィルタ533を通してダウンフローのクリーンエアを流すことにより、半導体基板にパーティクルが付着することを防止している。しかしながら、ダウンフローを形成するクリーンエアの全流量を外部からの給排気に依存すると、膨大な給排気量が必要となる。このため、室内を負圧に保つ程度の排気のみをダクト553よりの外部排気とし、ダウンフローの大部分の気流を、配管53



4、535を通した循環気流でまかなうようにしている。

【0108】循環気流とした場合に、プロセスエリア530を通過したクリーンエアは、薬液ミストや気体を含むため、これをスクラバ536及びミトセパレータ537、538を通して除去する。これにより天井530a側の循環ダクト534に戻ったエアは、薬液ミストや気体を含まないものとなり、再びファンにより押込まれて高性能フィルタ533を通過してプロセスエリア530内にクリーンエアとして循環する。床部530bよりプロセスエリア530内を通過したエアの一部は、ダクト553を通過して外部に排出され、薬液ミストや気体を含むエアがダクト553を通過して外部に排出される。天井530aのダクト539からは、これらの排気量に見合った新鮮な空気がプロセスエリア530内に負圧に保った程度に供給される。

【0109】上記のように搬入・搬出エリア520、洗浄・乾燥エリア540及びプロセスエリア530のそれぞれの圧力は、

(搬入・搬出エリア520の圧力) > (洗浄・乾燥エリア540の圧力) > (プロセスエリア530の圧力) に設定されている。従って、シャッター522、524 (図34参照) を開放すると、これらのエリア間の空気の流れは、図35に示すように、搬入・搬出エリア520、洗浄・乾燥エリア540及びプロセスエリア530の順に流れる。また、排気はダクト552及び553を通して、図37に示すように、集合排気ダクト554に集められる。

【0110】図36は、基板処理装置がクリーンルーム内に配置された一例を示す外観図である。搬入・搬出エリア520のカセット受渡し口555と操作パネル556のある側面が仕切壁557で仕切られたクリーンルームのクリーン度の高いワーキングゾーン558に露出しており、その他の側面は、クリーン度の低いユーティリティゾーン559に収納されている。

【0111】上記のように、洗浄・乾燥エリア540を搬入・搬出エリア520とプロセスエリア530の間に配置し、搬入・搬出エリア520と洗浄・乾燥エリア540の間及び洗浄・乾燥エリア540とプロセスエリア530の間にはそれぞれ隔壁521を設けたので、ワーキングゾーン558から乾燥した状態でカセット受渡し口555を通して半導体基板配線用の基板処理装置内に搬入される半導体基板は、基板処理装置内でめっき処理され、洗浄・乾燥した状態でワーキングゾーン558に搬出されるので、半導体基板面にはパーティクルやミストが付着することなく、且つクリーンルーム内のクリーン度の高いワーキングゾーン558をパーティクルや薬液や洗浄液ミストで汚染することはない。

【0112】なお、図34及び図35では、基板処理装置が搬入・搬出エリア520、洗浄・乾燥エリア54

0、プロセスエリア530を具備する例を示したが、プロセスエリア530内又はプロセスエリア530に隣接してCMP装置を配置するエリアを設け、該プロセスエリア530又はCMP装置を配置するエリアと搬入・搬出エリア520の間に洗浄・乾燥エリア540を配置するように構成しても良い。要は半導体基板配線用の基板処理装置に半導体基板が乾燥状態で搬入され、めっき処理の終了した半導体基板が洗浄され、乾燥した状態で排出される構成であればよい。

【0113】上記例では、基板処理装置を半導体基板配線用のめっき装置を例に説明したが、基板は半導体基板に限定されるものではなく、まためっき処理する部分も基板上に形成された配線部に限定されるものではない。また、上記例では銅めっきを例に説明したが、銅めっきに限定されるものではない。

【0114】図38は、半導体基板配線用の他の基板処理装置の平面構成を示す図である。図示するように、半導体基板配線用の基板処理装置は、半導体基板を搬入する搬入部601、銅めっきを行う銅めっき槽602、水洗浄を行う水洗槽603、604、化学機械研磨(CMP)を行うCMP部605、水洗槽606、607、乾燥槽608及び配線層形成が終了した半導体基板を搬出する搬出部609を具備し、これら各槽に半導体基板を移送する図示しない基板移送手段が1つの装置として配置され、半導体基板配線用の基板処理装置を構成している。

【0115】上記配置構成の基板処理装置において、基板移送手段により、搬入部601に載置された基板カセット601-1から、配線層が形成されていない半導体基板を取り出し、銅めっき槽602に移送する。該銅めっき槽602において、配線溝や配線孔(コンタクトホール)からなる配線部を含む半導体基板Wの表面上に銅めっき層を形成する。

【0116】前記銅めっき槽602で銅めっき層の形成が終了した半導体基板Wを、基板移送手段で水洗槽603及び水洗槽604に移送し、水洗を行う。続いて該水洗浄の終了した半導体基板Wを基板移送手段でCMP部605に移送し、該CMP部605で、銅めっき層から配線溝や配線孔に形成した銅めっき層を残して半導体基板Wの表面上の銅めっき層を除去する。

【0117】続いて上記のように銅めっき層から配線溝や配線孔からなる配線部に形成した銅めっき層を残して半導体基板Wの表面上の不要の銅めっき層の除去が終了した半導体基板Wを、基板移送手段で水洗槽606及び水洗槽607に送り、水洗浄し、更に水洗浄の終了した半導体基板Wは乾燥槽608で乾燥させ、乾燥の終了した半導体基板Wを配線層の形成の終了した半導体基板として、搬出部609の基板カセット609-1に格納する。

【0118】図39は、半導体基板配線用の他の基板処

理装置の平面構成を示す図である。図39に示す基板処理装置が図38に示す装置と異なる点は、銅めっき槽602、水洗槽610、前処理槽611、銅めっき膜の表面に保護膜を形成する蓋めっき槽612、CMP部615、水洗槽613、614を追加し、これらを含め1つの装置として構成した点である。

【0119】上記配置構成の基板処理装置において、配線溝や配線孔（コンタクトホール）からなる配線部を含む半導体基板Wの表面上に銅めっき層を形成する。続いて、CMP部605で銅めっき層から配線溝や配線孔に形成した銅めっき層を残して半導体基板Wの表面上の銅めっき層を除去する。

【0120】続いて、上記のように銅めっき層から配線溝や配線孔からなる配線部に形成した銅めっき層を残して半導体基板Wの表面上の銅めっき層を除去した半導体基板Wを水洗槽610に移送し、ここで水洗浄する。続いて、前処理槽611で、後述する蓋めっきを行うための前処理を行う。該前処理の終了した半導体基板Wを蓋めっき槽612に移送し、蓋めっき槽612で配線部に形成した銅めっき層の上に保護膜を形成する。この保護膜としては、例えばNi-B無電解めっき槽を用いる。保護膜を形成した後、半導体基板Wを水洗槽606、607で水洗浄し、更に乾燥槽608で乾燥させる。そして、銅めっき層上に形成した保護膜の上部をCMP部615で研磨し、平坦化して、水洗槽613、614で水洗浄した後、乾燥槽608で乾燥させ、半導体基板Wを搬出部609の基板カセット609-1に格納する。

【0121】図40は半導体基板配線用の他の基板処理装置の平面構成を示す図である。図示するように、この基板処理装置は、ロボット616を中央に配置し、その周囲のロボットアーム616-1が到達する範囲に銅めっきを行う銅めっき槽602、水洗槽603、水洗槽604、CMP部605、蓋めっき槽612、乾燥槽608及びロード・アンロード部617を配置して1つの装置として構成したものである。なお、ロード・アンロード部617に隣接して半導体基板の搬入部601及び搬出部609が配置されている。

【0122】上記構成の半導体基板配線用の基板処理装置において、半導体基板の搬入部601から配線めっきの済んでいない半導体基板がロード・アンロード部617に移送され、該半導体基板をロボットアーム616-1が受け取り、銅めっき槽602に移送し、該めっき槽で配線溝や配線孔からなる配線部を含む半導体基板の表面上に銅めっき層を形成する。該銅めっき層の形成された半導体基板をロボットアーム616-1によりCMP部605に移送し、該CMP部605で銅めっき層から配線溝や配線孔からなる配線部に形成した銅めっき層を残して半導体基板Wの表面上の余分な銅めっき層を除去する。

【0123】表面の余分な銅めっき層が除去された半導

体基板はロボットアーム616-1により、水洗槽604に移送され、水洗処理された後、前処理槽611に移送され、該前処理槽611で蓋めっき用の前処理が行われる。該前処理の終了した半導体基板はロボットアーム616-1により、蓋めっき槽612に移送され、該蓋めっき槽612で、配線溝や配線孔からなる配線部に形成され銅めっき層の上に保護膜を形成する。保護膜が形成された半導体基板はロボットアーム616-1により、水洗槽604に移送されここで水洗処理された後、乾燥槽608に移送され、乾燥した後、ロード・アンロード部617に移送される。該配線めっきの終了した半導体基板は搬出部609に移送される。

【0124】図41は、他の半導体基板処理装置の平面構成を示す図である。この半導体基板処理装置は、ロード・アンロード部701、銅めっきユニット702、第1ロボット703、第3洗浄機704、反転機705、反転機706、第2洗浄機707、第2ロボット708、第1洗浄機709、第1ポリッシング装置710及び第2ポリッシング装置711を配置した構成である。第1ロボット703の近傍には、めっき前後の膜厚を測定するめっき前後膜厚測定機712、研磨後で乾燥状態の半導体基板Wの膜厚を測定する乾燥状態膜厚測定機713が配置されている。

【0125】第1ポリッシング装置（研磨ユニット）710は、研磨テーブル710-1、トップリング710-2、トップリングヘッド710-3、膜厚測定機710-4、プッシャー710-5を具備している。第2ポリッシング装置（研磨ユニット）711は、研磨テーブル711-1、トップリング711-2、トップリングヘッド711-3、膜厚測定機711-4、プッシャー711-5を具備している。

【0126】コンタクトホールと配線用の溝が形成され、その上にシード層が形成された半導体基板Wを収容したカセット701-1をロード・アンロード部701のロードポートに載置する。第1ロボット703は、半導体基板Wをカセット701-1から取り出し、銅めっきユニット702に搬入し、銅めっき膜を形成する。その時、めっき前後膜厚測定機712でシード層の膜厚を測定する。銅めっき膜の成膜は、まず半導体基板Wの表面の親水処理を行い、その後銅めっきを行って形成する。銅めっき膜の形成後、銅めっきユニット702でリンス若しくは洗浄を行う。時間に余裕があれば、乾燥してもよい。

【0127】第1ロボット703で銅めっきユニット702から半導体基板Wを取り出したとき、めっき前後膜厚測定機712で銅めっき膜の膜厚を測定する。その測定結果は、記録装置（図示せず）に半導体基板の記録データとして記録され、なお且つ、銅めっきユニット702の異常の判定にも使用される。膜厚測定後、第1ロボット703が反転機705に半導体基板Wを渡し、該反

転機705で反転させる（銅めっき膜が形成された面が下になる）。第1ポリッシング装置710、第2ポリッシング装置711による研磨には、シリーズモードとパラレルモードがある。以下、シリーズモードの研磨について説明する。

【0128】シリーズモード研磨は、1次研磨をポリッシング装置710で行い、2次研磨をポリッシング装置711で行う研磨である。第2ロボット708で反転機705上の半導体基板Wを取り上げ、ポリッシング装置710のプッシャー710-5上に半導体基板Wを載せる。トップリング710-2はプッシャー710-5上の該半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル710-1の研磨面に半導体基板Wの銅めっき膜形成面を当接押圧し、1次研磨を行う。該1次研磨では基本的に銅めっき膜が研磨される。研磨テーブル710-1の研磨面は、IC1000のような発泡ポリウレタン、又は砥粒を固定若しくは含浸させたもので構成されている。該研磨面と半導体基板Wの相対運動で銅めっき膜が研磨される。

【0129】銅めっき膜の研磨終了後、トップリング710-2で半導体基板Wをプッシャー710-5上に戻す。第2ロボット708は、該半導体基板Wを取り上げ、第1洗浄機709に入れる。この時、プッシャー710-5上にある半導体基板Wの表面及び裏面に薬液を噴射しパーティクルを除去したり、つきにくくしたりすることもある。

【0130】第1洗浄機709において洗浄終了後、第2ロボット708で半導体基板Wを取り上げ、第2ポリッシング装置711のプッシャー711-5上に半導体基板Wを載せる。トップリング711-2でプッシャー711-5上の半導体基板Wを吸着し、該半導体基板Wのバリア層を形成した面を研磨テーブル711-1の研磨面に当接押圧して2次研磨を行う。この2次研磨ではバリア層が研磨される。但し、上記1次研磨で残った銅膜や酸化膜も研磨されるケースもある。

【0131】研磨テーブル711-1の研磨面は、IC1000のような発泡ポリウレタン、又は砥粒を固定若しくは含浸させたもので構成され、該研磨面と半導体基板Wの相対運動で研磨される。このとき、砥粒若しくはスラリーには、シリカ、アルミナ、セリア等が用いられる。薬液は、研磨したい膜種により調整される。

【0132】2次研磨の終点の検知は、光学式の膜厚測定機を用いてバリア層の膜厚を測定し、膜厚が0になったこと又はSiO<sub>2</sub> からなる絶縁膜の表面検知で行う。また、研磨テーブル711-1の近傍に設けた膜厚測定機711-4として画像処理機能付きの膜厚測定機を用い、酸化膜の測定を行い、半導体基板Wの加工記録として残したり、2次研磨の終了した半導体基板Wを次の工程に移送できるか否かの判定を行う。また、2次研磨終点に達していない場合は、再研磨を行ったり、なんらかの異常で規定値を超えて研磨された場合は、不良品

を増やさないように次の研磨を行わないよう半導体基板処理装置を停止させる。

【0133】2次研磨終了後、トップリング711-2で半導体基板Wをプッシャー711-5まで移動させる。プッシャー711-5上の半導体基板Wは第2ロボット708で取り上げる。この時、プッシャー711-5上で薬液を半導体基板Wの表面及び裏面に噴射してパーティクルを除去したり、つきにくくすることがある。

【0134】第2ロボット708は、半導体基板Wを第2洗浄機707に搬入し、洗浄を行う。第2洗浄機707の構成も第1洗浄機709と同じ構成である。半導体基板Wの表面は、主にパーティクル除去のために、純水に界面活性剤、キレート剤、またpH調整剤を加えた洗浄液を用いて、PVAスポンジロールによりスクラブ洗浄される。半導体基板Wの裏面には、ノズルからDHF等の強い薬液を噴出し、拡散している銅をエッチングしたり、又は拡散の問題がなければ、表面と同じ薬液を用いてPVAスポンジロールによるスクラブ洗浄をする。

【0135】上記洗浄の終了後、半導体基板Wを第2ロボット708で取り上げ、反転機706に移し、該反転機706で反転させる。該反転させた半導体基板Wを第1ロボット703で取り上げ第3洗浄機704に入れる。第3洗浄機704では、半導体基板Wの表面に超音波振動により励起されたメガソニック水を噴射して洗浄する。そのとき純水に界面活性剤、キレート剤、またpH調整剤を加えた洗浄液を用いて公知のペンシル型スポンジで半導体基板Wの表面を洗浄してもよい。その後、スピン乾燥により、半導体基板Wを乾燥させる。上記のように研磨テーブル711-1の近傍に設けた膜厚測定機711-4で膜厚を測定した場合は、そのままロード・アンロード部701のアンロードポートに載置するカセットに収容する。

【0136】図42は、他の半導体基板処理装置の平面構成を示す図である。この半導体基板処理装置の図41に示す半導体基板処理装置と異なる点は、図41に示す銅めっきユニット702の代わりに蓋めっきユニット750を設けた点である。銅膜を形成した半導体基板Wを収容したカセット701-1は、ロード・アンロード部701に載置される。半導体基板Wは、カセット701-1から取り出され、第1ポリッシング装置710または第2ポリッシング装置711に搬送されて、ここで銅膜の表面が研磨される。この研磨終了後、半導体基板Wは、第1洗浄機709に搬送されて洗浄される。

【0137】第1洗浄機709で洗浄された半導体基板Wは、蓋めっきユニット750に搬送され、ここで銅めっき膜の表面に保護膜が形成され、これによって、銅めっき膜が大気中で酸化することが防止される。蓋めっきを施した半導体基板Wは、第2ロボット708によって蓋めっきユニット750から第2洗浄機707に搬送され、ここで純水または脱イオン水で洗浄される。この洗

浄後の半導体基板Wは、ロード・アンロード部701に載置されたカセット701-1に戻される。

【0138】図43は、更に他の半導体基板処理装置の平面構成を示す図である。この半導体基板処理装置の図42に示す半導体基板処理装置と異なる点は、図42に示す第1洗浄機709の代わりにアニールユニット751を設けた点である。前述のようにして、第1ポリッシング装置710または第2ポリッシング装置711で研磨され、第2洗浄機707で洗浄された半導体基板Wは、蓋めっきユニット750に搬送され、ここで銅め

つき膜の表面に蓋めっきが施される。この蓋めっきが施された半導体基板Wは、第1ロボット703によって、蓋めっきユニット750から第3洗浄機704に搬送され、ここで洗浄される。

【0139】第1洗浄機709で洗浄された半導体基板Wは、アニールユニット751に搬送され、ここでアニールされる。これによって、銅めっき膜が合金化されて銅めっき膜のエレクトロマイグレーション耐性が向上する。アニールが施された半導体基板Wは、アニールユ

ニット751から第2洗浄機707に搬送され、ここで純水または脱イオン水で洗浄される。この洗浄後の半導体基板Wは、ロード・アンロード部701に載置されたカセット701-1に戻される。

【0140】図44は、基板処理装置の他の平面配置構成を示す図である。図44において、図41と同一符号を付した部分は、同一又は相当部分を示す。この基板研磨装置は、第1ポリッシング装置710と第2ポリッシング装置711に接近してプッシャーインデクサー725を配置し、第3洗浄機704と銅めっきユニット702の近傍にそれぞれ基板載置台721、722を配置し、第1洗浄機709と第3洗浄機704の近傍にロボ

ット723を配置し、第2洗浄機707と銅めっきユニット702の近傍にロボット724を配置し、更にロード・アンロード部701と第1ロボット703の近傍に乾燥状態膜厚測定機713を配置している。

【0141】上記構成の基板処理装置において、第1ロボット703は、ロード・アンロード部701のロードポートに載置されているカセット701-1から半導体基板Wを取り出し、乾燥状態膜厚測定機713でバリア層及びシード層の膜厚を測定した後、該半導体基板Wを基板載置台721に載せる。なお、乾燥状態膜厚測定機713が、第1ロボット703のハンドに設けられている場合は、そこで膜厚を測定し、基板載置台721に載せる。第2ロボット723で基板載置台721上の半導体基板Wを銅めっきユニット702に移送し、銅めっき膜を成膜する。銅めっき膜の成膜後、めっき前後膜厚測定機712で銅めっき膜の膜厚を測定する。その後、第2ロボット723は、半導体基板Wをプッシャーインデクサー725に移送し搭載する。

【0142】〔シリーズモード〕シリーズモードでは、

トップリングヘッド710-2がプッシャーインデクサー725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル710-1に移送し、研磨テーブル710-1上の研磨面に該半導体基板Wを押圧して研磨を行う。研磨の終点検知は上記と同様な方法で行い、研磨終了後の半導体基板Wはトップリングヘッド710-2でプッシャーインデクサー725に移送され搭載される。第2ロボット723で半導体基板Wを取り出し、第1洗浄機709に搬入し洗浄し、続いてプッシャーインデクサー725に移送し搭載する。

【0143】トップリングヘッド711-2がプッシャーインデクサー725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル711-1に移送し、その研磨面に該半導体基板Wを押圧して研磨を行う。研磨の終点検知は上記と同様な方法で行い、研磨終了後の半導体基板Wは、トップリングヘッド711-2でプッシャーインデクサー725に移送され搭載される。第3ロボット724は、半導体基板Wを取り上げ、膜厚測定機726で膜厚を測定した後、第2洗浄機707に搬入し洗浄する。続いて第3洗浄機704に搬入し、ここで洗浄した後にスピンドライで乾燥を行い、その後、第3ロボット724で半導体基板Wを取り上げ、基板載置台722上に載せる。

【0144】〔パラレルモード〕パラレルモードでは、トップリングヘッド710-2又は711-2がプッシャーインデクサー725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル710-1又は711-1に移送し、研磨テーブル710-1又は711-1上の研磨面に該半導体基板Wを押圧してそれぞれ研磨を行う。膜厚を測定した後、第3ロボット724で半導体基板Wを取り上げ、基板載置台722上に載せる。第1ロボット703は、基板載置台722上の半導体基板Wを乾燥状態膜厚測定機713に移送し、膜厚を測定した後、ロード・アンロード部701のカセット701-1に戻す。

【0145】図45は、基板処理装置の他の平面配置構成を示す図である。この基板処理装置では、シード層が形成されていない半導体基板Wに、シード層及び銅めっき膜を形成し、研磨して回路配線を形成する基板処理装置である。この基板研磨装置は、第1ポリッシング装置710と第2ポリッシング装置711に接近してプッシャーインデクサー725を配置し、第2洗浄機707とシード層成膜ユニット727の近傍にそれぞれ基板載置台721、722を配置し、シード層成膜ユニット727と銅めっきユニット702に接近してロボット723を配置し、第1洗浄機709と第2洗浄機707の近傍にロボット724を配置し、更にロード・アンロード部701と第1ロボット703の近傍に乾燥膜厚測定機713を配置している。

【0146】第1ロボット703でロード・アンロード部701のロードポートに載置されているカセット701-1から、バリア層が形成されている半導体基板Wを

取り出して基板載置台721に載せる。次に第2ロボット723は、半導体基板Wをシード層成膜ユニット727に搬送し、シード層を成膜する。このシード層の成膜は無電解めっきで行う。第2ロボット723は、シード層の形成された半導体基板をめっき前後膜厚測定機712でシード層の膜厚を測定する。膜厚測定後、銅めっきユニット702に搬入し、銅めっき膜を形成する。

【0147】銅めっき膜を形成後、その膜厚を測定し、プッシャーインデクサー725に移送する。トップリング710-2又は711-2は、プッシャーインデクサー725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル710-1又は711-1に移送し研磨する。研磨後、トップリング710-2又は711-2は、半導体基板Wを膜厚測定機710-4又は711-4に移送し、膜厚を測定し、プッシャーインデクサー725に移送して載せる。

【0148】次に、第3ロボット724は、プッシャーインデクサー725から半導体基板Wを取り上げ、第1洗浄機709に搬入する。第3ロボット724は、第1洗浄機709から洗浄された半導体基板Wを取り上げ、第2洗浄機707に搬入し、洗浄し乾燥した半導体基板を基板載置台722上に載置する。次に、第1ロボット703は、半導体基板Wを取り上げ乾燥状態膜厚測定機713で膜厚を測定し、ロード・アンロード部701のアンロードポートに載置されているカセット701-1に収納する。

【0149】図45に示す基板処理装置においても、回路パターンのコンタクトホール又は溝が形成された半導体基板W上にバリア層、シード層及び銅めっき膜を形成して、研磨して回路配線を形成することができる。バリア層形成前の半導体基板Wを収容したカセット701-1を、ロード・アンロード部701のロードポートに載置する。そして、第1ロボット703でロード・アンロード部701のロードポートに載置されているカセット701-1から、半導体基板Wを取り出して基板載置台721に載せる。次に、第2ロボット723は、半導体基板Wをシード層成膜ユニット727に搬送し、バリア層とシード層を成膜する。このバリア層とシード層の成膜は、無電解めっきで行う。第2ロボット723は、めっき前後膜厚測定機712で半導体基板Wに形成されたバリア層とシード層の膜厚を測定する。膜厚測定後、銅めっきユニット702に搬入し、銅めっき膜を形成する。

【0150】図46は、基板処理装置の他の平面配置構成を示す図である。この基板処理装置は、バリア層成膜ユニット811、シード層成膜ユニット812、めっきユニット813、アニールユニット814、第1洗浄ユニット815、ベベル・裏面洗浄ユニット816、蓋めっきユニット817、第2洗浄ユニット818、第1アライナ兼膜厚測定器841、第2アライナ兼膜厚測定器

842、第1基板反転機843、第2基板反転機844、基板仮置き台845、第3膜厚測定器846、ロード・アンロード部820、第1ポリッシング装置821、第2ポリッシング装置822、第1ロボット831、第2ロボット832、第3ロボット833、第4ロボット834を配置した構成である。なお、膜厚測定器841、842、846はユニットになっており、他のユニット（めっき、洗浄、アニール等のユニット）の間口寸法と同一サイズにしているため、入れ替え自在である。この例では、バリア層成膜ユニット811は、無電解Ruめっき装置、シード層成膜ユニット812は、無電解銅めっき装置、めっきユニット813は、電解めっき装置を用いることができる。

【0151】図47は、この基板処理装置内での各工程の流れを示すフローチャートである。このフローチャートにしたがって、この装置内での各工程について説明する。まず、第1ロボット831によりロード・アンロードユニット820に載置されたカセット820aから取り出された半導体基板は、第1アライナ兼膜厚測定ユニット841内に被めっき面を上にして配置される。ここで、膜厚計測を行うポジションの基準点を定めるために、膜厚計測用のノッチアライメントを行った後、銅膜形成前の半導体基板の膜厚データを得る。

【0152】次に、半導体基板は、第1ロボット831により、バリア層成膜ユニット811へ搬送される。このバリア層成膜ユニット811は、無電解Ruめっきにより半導体基板上にバリア層を形成する装置で、半導体装置の層間絶縁膜（例えば、SiO<sub>2</sub>）への銅拡散防止膜としてRuを成膜する。洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第1ロボット831により第1アライナ兼膜厚測定ユニット841に搬送され、半導体基板の膜厚、即ちバリア層の膜厚を測定される。

【0153】膜厚測定された半導体基板は、第2ロボット832でシード層成膜ユニット812へ搬入され、前記バリア層上に無電解銅めっきによりシード層が成膜される。洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第2ロボット832により含浸めっきユニットであるめっきユニット813に搬送される前に、ノッチ位置を定めるために第2アライナ兼膜厚測定器842に搬送され、銅めっき用のノッチのアライメントを行う。ここで、必要に応じて銅膜形成前の半導体基板の膜厚を再計測してもよい。

【0154】ノッチアライメントが完了した半導体基板は、第3ロボット833によりめっきユニット813へ搬送され、銅めっきが施される。洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第3ロボット833により半導体基板端部の不要な銅膜（シード層）を除去するためにベベル・裏面洗浄ユニット816へ搬送される。ベベル・裏面洗浄ユニット816では、予め設定された時間でベベルのエッチングを行うとともに、半導体基板裏

面に付着した銅をフッ酸等の薬液により洗浄する。この時、ベベル・裏面洗浄ユニット816へ搬送する前に、第2アライナ兼膜厚測定器842にて半導体基板の膜厚測定を実施して、めっきにより形成された銅膜厚の値を得ておき、その結果により、ベベルのエッチング時間を任意に変えてエッチングを行っても良い。なお、ベベルエッチングによりエッチングされる領域は、基板の周縁部であって回路が形成されない領域、または回路が形成されていても最終的にチップとして利用されない領域である。この領域にはベベル部分が含まれる。

【0155】ベベル・裏面洗浄ユニット816で洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第3ロボット833で基板反転機843に搬送され、該基板反転機843にて反転され、被めっき面を下方に向けた後、第4ロボット834により配線部を安定化させるためにアニールユニット814へ投入される。アニール処理前及び／又は処理後、第2アライナ兼膜厚測定ユニット842に搬入し、半導体基板に形成された、銅膜の膜厚を計測する。この後、半導体基板は、第4ロボット834により第1ポリッシング装置821に搬入され、半導体基板の銅層、シード層の研磨を行う。

【0156】この際、砥粒等は所望のものが用いられるが、ディッシングを防ぎ、表面の平面度を出すために、固定砥粒を用いることもできる。第1ポリッシング終了後、半導体基板は、第4ロボット834により第1洗浄ユニット815に搬送され、洗浄される。この洗浄は、半導体基板直径とほぼ同じ長さをも有するロールを半導体基板の表面と裏面に配置し、半導体基板及びロールを回転させつつ、純水又は脱イオン水を流しながら洗浄するスクラブ洗浄である。

【0157】第1の洗浄終了後、半導体基板は、第4ロボット834により第2ポリッシング装置822に搬入され、半導体基板上のバリア層が研磨される。この際、砥粒等は所望のものが用いられるが、ディッシングを防ぎ、表面の平面度を出すために、固定砥粒を用いることもできる。第2ポリッシング終了後、半導体基板は、第4ロボット834により、再度第1洗浄ユニット815に搬送され、スクラブ洗浄される。洗浄終了後、半導体基板は、第4ロボット834により第2基板反転機844に搬送され反転されて、被めっき面を上方に向けられ、更に第3ロボット833により基板仮置き台845に置かれる。

【0158】半導体基板は、第2ロボット832により基板仮置き台845から蓋めっきユニット817に搬送され、銅の大気による酸化防止を目的に銅面上にニッケル・ボロンめっきを行う。蓋めっきが施された半導体基板は、第2ロボット832により蓋めっきユニット817から第3膜厚測定器846に搬入され、銅膜厚が測定される。その後、半導体基板は、第1ロボット831により第2洗浄ユニット818に搬入され、純水又は脱イ

オン水により洗浄される。洗浄が終了した半導体基板は、台1ロボット831によりロード・アンロード部820に載置されたカセット820a内に戻される。アライナ兼膜厚測定器841及びアライナ兼膜厚測定器842は、基板ノッチ部分の位置決め及び膜厚の測定を行う。

【0159】ベベル・裏面洗浄ユニット816は、エッジ（ベベル）銅エッチングと裏面洗浄が同時に行え、また基板表面の回路形成部の銅の自然酸化膜の成長を抑えることが可能である。図48に、ベベル・裏面洗浄ユニット816の概略図を示す。図48に示すように、ベベル・裏面洗浄ユニット816は、有底円筒状の防水カバー920の内部に位置して基板Wをフェイスアップでその周縁部の円周方向に沿った複数箇所ですピンチャック921により水平に保持して高速回転させる基板保持部922と、この基板保持部922で保持された基板Wの表面側のほぼ中央部上方に配置されたセンタノズル924と、基板Wの周縁部の上方に配置されたエッジノズル926とを備えている。センタノズル924及びエッジノズル926は、それぞれ下向きで配置されている。また基板Wの裏面側のほぼ中央部の下方に位置して、バックノズル928が上向きで配置されている。前記エッジノズル926は、基板Wの直径方向及び高さ方向を移動自在に構成されている。

【0160】このエッジノズル926の移動幅Lは、基板の外周端面から中心部方向に任意の位置決めが可能になっていて、基板Wの大きさや使用目的等に合わせて、設定値の入力を行う。通常、2mmから5mmの範囲でエッジカット幅Cを設定し、裏面から表面への液の回り込み量が問題にならない回転数以上であれば、その設定されたカット幅C内の銅膜を除去することができる。

【0161】次に、この洗浄装置による洗浄方法について説明する。まず、スピンチャック921を介して基板を基板保持部922で水平に保持した状態で、半導体基板Wを基板保持部922と一体に水平回転させる。この状態で、センタノズル924から基板Wの表面側の中央部に酸溶液を供給する。この酸溶液としては非酸化性の酸であればよく、例えばフッ酸、塩酸、硫酸、クエン酸、修酸等を用いる。一方、エッジノズル926から基板Wの周縁部に酸化剤溶液を連続的または間欠的に供給する。この酸化剤溶液としては、オゾン水、過酸化水素水、硝酸水、次亜塩素酸ナトリウム水等のいずれかを用いるか、またはそれらの組み合わせを用いる。

【0162】これにより、半導体基板Wの周縁部のエッジカット幅Cの領域では上面及び端面に成膜された銅膜等は酸化剤溶液で急速に酸化され、同時にセンタノズル924から供給されて基板の表面全面に拡がる酸溶液によってエッチングされ溶解除去される。このように、基板周縁部で酸溶液と酸化剤溶液を混合させることで、予めそれらの混合水をノズルから供給するのに比べて急峻



なエッチングプロフィールを得ることができる。このときそれらの濃度により銅のエッチングレートが決定される。また、基板の表面の回路形成部に銅の自然酸化膜が形成されていた場合、この自然酸化物は基板の回転に伴って基板の表面全面に亘って広がる酸溶液で直ちに除去されて成長することはない。なお、センタノズル924からの酸溶液の供給を停止した後、エッジノズル926からの酸化剤溶液の供給を停止することで、表面に露出しているシリコンを酸化して、銅の付着を抑制することができる。

【0163】一方、バックノズル928から基板の裏面中央部に酸化剤溶液とシリコン酸化膜エッチング剤とを同時または交互に供給する。これにより半導体基板Wの裏面側に金属状で付着している銅等を基板のシリコンと酸化剤溶液で酸化しシリコン酸化膜エッチング剤でエッチングして除去することができる。なおこの酸化剤溶液としては表面に供給する酸化剤溶液と同じものにする方が薬品の種類を少なくする上で好ましい。またシリコン酸化膜エッチング剤としては、フッ酸を用いることができ、基板の表面側の酸溶液もフッ酸を用いると薬品の種類を少なくすることができる。これにより、酸化剤供給を先に停止すれば疎水面が得られ、エッチング剤溶液を先に停止すれば飽水面（親水面）が得られて、その後のプロセスの要求に応じた裏面に調整することもできる。

【0164】このように酸溶液すなわちエッチング液を基板に供給して、基板Wの表面に残留する金属イオンを除去した後、更に純水を供給して、純水置換を行ってエッチング液を除去し、その後、スピン乾燥を行う。このようにして半導体基板表面の周縁部のエッジカット幅C内の銅膜の除去と裏面の銅汚染除去を同時に行って、この処理を、例えば80秒以内に完了させることができる。なお、エッジのエッジカット幅を任意（2mm～5mm）に設定することが可能であるが、エッチングに要する時間はカット幅に依存しない。

【0165】めっき後のCMP工程前に、アニール処理を行うことが、この後のCMP処理や配線の電気特性に対して良い効果を示す。アニール無しでCMP処理後に幅の広い配線（数μm単位）の表面を観察するとマイクロボイドのような欠陥が多数見られ、配線全体の電気抵抗を増加させたが、アニールを行うことでこの電気抵抗の増加は改善された。アニール無しの場合に、細い配線にはボイドが見られなかったことより、粒成長の度合いが関わっていることが考えられる。つまり、細い配線では粒成長が起りにくい、幅の広い配線では粒成長に伴い、アニール処理に伴うグレン成長の過程で、めっき膜中のSEM（走査型電子顕微鏡）でも見えないほどの超微細ボイドが集結しつつ上へ移動することで配線上部にマイクロボイド用の凹みが生じたという推測ができる。アニールユニットのアニール条件としては、ガスの雰囲気

気は水素を添加（2%以下）、温度は300～400℃程度で1～5分間で上記の効果が得られた。

【0166】図51及び図52は、アニールユニット814を示すものである。このアニールユニット814は、半導体基板Wを出し入れするゲート1000を有するチャンバ1002の内部に位置して、半導体基板Wを、例えば400℃に加熱するホットプレート1004と、例えば冷却水を流して半導体基板Wを冷却するクールプレート1006が上下に配置されている。また、クールプレート1006の内部を貫通して上下方向に延び、上端に半導体基板Wを載置保持する複数の昇降ピン1008が昇降自在に配置されている。更に、アニール時に半導体基板Wとホットプレート1008との間に酸化防止用のガスを導入するガス導入管1010と、該ガス導入管1010から導入され、半導体基板Wとホットプレート1004との間を流れたガスを排気するガス排気管1012がホットプレート1004を挟んで互に対峙する位置に配置されている。

【0167】ガス導入管1010は、内部にフィルタ1014aを有するN<sub>2</sub>ガス導入路1016内を流れるN<sub>2</sub>ガスと、内部にフィルタ1014bを有するH<sub>2</sub>ガス導入路1018内を流れるH<sub>2</sub>ガスを混合器1020で混合し、この混合器1020で混合したガスが流れる混合ガス導入路1022に接続されている。

【0168】これにより、ゲート1000を通じてチャンバ1002の内部に搬入した半導体基板Wを昇降ピン1008で保持し、昇降ピン1008を該昇降ピン1008で保持した半導体基板Wとホットプレート1004との距離が、例えば0.1～1.0mm程度となるまで上昇させる。この状態で、ホットプレート1004を介して半導体基板Wを、例えば400℃となるように加熱し、同時にガス導入管1010から酸化防止用のガスを導入して半導体基板Wとホットプレート1004との間を流してガス排気管1012から排気する。これによって、酸化を防止しつつ半導体基板Wをアニールし、このアニールを、例えば数十秒～60秒程度継続してアニールを終了する。基板の加熱温度は100～600℃が選択される。

【0169】アニール終了後、昇降ピン1008を該昇降ピン1008で保持した半導体基板Wとクールプレート1006との距離が、例えば0～0.5mm程度となるまで下降させる。この状態で、クールプレート1006内に冷却水を導入することで、半導体基板Wの温度が100℃以下となるまで、例えば10～60秒程度、半導体基板を冷却し、この冷却終了後の半導体基板を次工程に搬送する。なお、この例では、酸化防止用のガスとして、N<sub>2</sub>ガスと数%のH<sub>2</sub>ガスを混合した混合ガスを流すようにしているが、N<sub>2</sub>ガスのみを流すようにしてもよい。

【0170】図49は、無電解めっき装置の概略構成図



である。図49に示すように、この無電解めっき装置は、被めっき部材である半導体基板Wをその上面に保持する保持手段911と、保持手段911に保持された半導体基板Wの被めっき面（上面）の周縁部に当接して該周縁部をシールする堰部材931と、堰部材931でその周縁部をシールされた半導体基板Wの被めっき面にめっき液を供給するシャワーヘッド941を備えている。無電解めっき装置は、さらに保持手段911の上部外周近傍に設置されて半導体基板Wの被めっき面に洗浄液を供給する洗浄液供給手段951と、排出された洗浄液等（めっき廃液）を回収する回収容器961と、半導体基板W上に保持しためっき液を吸引して回収するめっき液回収ノズル965と、前記保持手段911を回転駆動するモータMとを備えている。以下、各部材について説明する。

【0171】保持手段911は、その上面に半導体基板Wを載置して保持する基板載置部913を設けている。この基板載置部913は、半導体基板Wを載置して固定するように構成されており、具体的には半導体基板Wをその裏面側に真空吸着する図示しない真空吸着機構を設置している。一方、基板載置部913の裏面側には、面状であって半導体基板Wの被めっき面を下面側から暖めて保温する裏面ヒータ915が設置されている。この裏面ヒータ915は、例えばラバーヒータによって構成されている。この保持手段911は、モータMによって回転駆動されると共に、図示しない昇降手段によって上下動できるように構成されている。堰部材931は、筒状であってその下部に半導体基板Wの外周縁をシールするシール部933を設け、図示の位置から上下動しないように設置されている。

【0172】シャワーヘッド941は、先端に多数のノズルを設けることで、供給されためっき液をシャワー状に分散して半導体基板Wの被めっき面に略均一に供給する構造のものである。また洗浄液供給手段951は、ノズル953から洗浄液を噴出する構造である。めっき液回収ノズル965は、上下動且つ旋回できるように構成されていて、その先端が半導体基板Wの上面周縁部の堰部材931の内側に下降して半導体基板W上のめっき液を吸引するように構成されている。

【0173】次に、この無電解めっき装置の動作を説明する。まず図示の状態よりも保持手段911を下降して堰部材931との間に所定寸法の隙間を設け、基板載置部913に半導体基板Wを載置・固定する。半導体基板Wとしては例えばφ8インチ基板を用いる。次に、保持手段911を上昇して図示のようにその上面を堰部材931の下面に当接させ、同時に半導体基板Wの外周を堰部材931のシール部933によってシールする。このとき半導体基板Wの表面は開放された状態となっている。

【0174】次に、裏面ヒータ915によって半導体基

板W自体を直接加熱して、例えば半導体基板Wの温度を70℃にし（めっき終了まで維持する）、次に、シャワーヘッド941から、例えば50℃に加熱されためっき液を噴出して半導体基板Wの表面の略全体にめっき液を降り注ぐ。半導体基板Wの表面は、堰部材931によって囲まれているので、注入しためっき液は全て半導体基板Wの表面に保持される。供給するめっき液の量は、半導体基板Wの表面に1mm厚（約30ml）となる程度の少量で良い。なお被めっき面上に保持するめっき液の深さは10mm以下であれば良く、この例のように1mmでも良い。この例のように供給するめっき液が少量で済めばこれを加熱する加熱装置も小型のもので良くなる。そしてこの例においては、半導体基板Wの温度を70℃に、めっき液の温度を50℃に加熱しているため、半導体基板Wの被めっき面は例えば60℃になり、この例におけるめっき反応に最適な温度にできる。このように半導体基板W自体を加熱するように構成すれば、加熱するのに大きな消費電力の必要なめっき液の温度をそれほど高く昇温しなくても良いので、消費電力の低減化やめっき液の材質変化の防止が図れ、好適である。なお半導体基板W自体の加熱のための消費電力は小さくて良く、また半導体基板W上に溜めるめっき液の量は少ないので、裏面ヒータ915による半導体基板Wの保温は容易に行え、裏面ヒータ915の容量は小さくて良く装置のコンパクト化を図ることができる。また半導体基板W自体を直接冷却する手段を用いれば、めっき中に加熱・冷却を切替えてめっき条件を変化させることも可能である。半導体基板上に保持されているめっき液は少量なので、感度良く温度制御が行える。

【0175】そして、モータMによって半導体基板Wを瞬時回転させて被めっき面の均一な液濡れを行い、その後半導体基板Wを静止した状態で被めっき面のめっきを行う。具体的には、半導体基板Wを1secだけ100rpm以下で回転して半導体基板Wの被めっき面上をめっき液で均一に濡らし、その後静止させて1min間無電解めっきを行わせる。なお瞬時回転時間は長くても10sec以下とする。

【0176】上記めっき処理が完了した後、めっき液回収ノズル965の先端を半導体基板Wの表面周縁部の堰部材931の内側近傍に下降し、めっき液を吸い込む。このとき半導体基板Wを例えば100rpm以下の回転速度で回転させれば、半導体基板W上に残っためっき液を遠心力で半導体基板Wの周縁部の堰部材931の部分に集めることができ、効率良く、且つ高い回収率でめっき液の回収ができる。そして保持手段911を下降させて半導体基板Wを堰部材931から離し、半導体基板Wの回転を開始して洗浄液供給手段951のノズル953から洗浄液（超純水）を半導体基板Wの被めっき面に噴射して被めっき面を冷却すると同時に希釈化・洗浄することで無電解めっき反応を停止させる。このときノズル

953から噴射される洗浄液を堰部材931にも当てることで堰部材931の洗浄を同時に行っても良い。このときのめっき廃液は、回収容器961に回収され、廃棄される。

【0177】なお、一度使用しためっき液は再利用せず、使い捨てとする。前述のようにこの装置において使用されるめっき液の量は従来に比べて非常に少なくできるので、再利用しなくても廃棄するめっき液の量は少ない。なお場合によってはめっき液回収ノズル965を設置しないで、使用後のめっき液も洗浄液と共にめっき廃液として回収容器961に回収しても良い。そしてモータMによって半導体基板Wを高速回転してスピン乾燥した後、保持手段911から取り出す。

【0178】図50は、他の無電解めっき装置の概略構成図である。図50において、前記の例と相違する点は、保持手段911内に裏面ヒータ915を設ける代わりに、保持手段911の上方にランプヒータ（加熱手段）917を設置し、このランプヒータ917とシャワーヘッド941-2とを一体化した点である。即ち、例えば複数の半径の異なるリング状のランプヒータ917を同心円状に設置し、ランプヒータ917の間の隙間からシャワーヘッド941-2の多数のノズル943-2をリング状に開口させている。なおランプヒータ917としては、渦巻状の一本のランプヒータで構成しても良いし、さらにそれ以外の各種構造・配置のランプヒータで構成しても良い。

【0179】このように構成しても、めっき液は、各ノズル943-2から半導体基板Wの被めっき面上にシャワー状に略均等に供給でき、またランプヒータ917によって半導体基板Wの加熱・保温も直接均一に行える。ランプヒータ917の場合、半導体基板Wとめっき液の他に、その周囲の空気をも加熱するので半導体基板Wの保温効果もある。

【0180】なおランプヒータ917によって半導体基板Wを直接加熱するには、比較的大きい消費電力のランプヒータ917が必要になるので、その代わりに比較的小さい消費電力のランプヒータ917と前記図49に示す裏面ヒータ915とを併用して、半導体基板Wは主として裏面ヒータ915によって加熱し、めっき液と周囲の空気の保温は主としてランプヒータ917によって行うようにしても良い。また前述の実施例と同様に、半導体基板Wを直接、または間接的に冷却する手段を設けて、温度制御を行っても良い。

【0181】（実施例1）図17に示すように、不純物拡散領域（図示せず）が形成されているシリコン基板1上に、TEOSを用いたCVD法により、深さD<sub>1</sub>が約1000nmのSiO<sub>2</sub>からなる絶縁層2を形成し、次いで、公知のフォトリソ技術により、この絶縁層2の内部に、深さが約700nmの配線用溝4を形成した。続いて配線用溝4を含む絶縁層2の表面上に、厚さ

が15nmのTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>/Ta膜からなるバリア層5をスパッタリング蒸着法により堆積し、次いで、この上にシード層7を形成した。しかる後、電気銅めっき法により、配線用溝4を含む基板上に、厚さT<sub>1</sub>が約900nmの銅膜6を堆積した試料を用意した。この時、基板表面の銅膜6は、細い配線用溝4が集合している局部で厚さが約900nmと最も厚く、広い開口面の溝上部で厚さが約400nmと最低で、それらの差Dは、約500nmであった。

【0182】この試料を、前記図4に示す研磨装置10aの基板保持部16aで銅めっき面を下向きにして保持し、試料および研磨具22をそれぞれ90rpmの回転速度で逆方向に回転させつつ、研磨面に300g/cm<sup>2</sup>の研磨圧力を加え、下記の研磨液中で試料の銅膜6を陽極とした電解研磨を併用しながら第1研磨を行った。

【0183】研磨液として、純水に、蔞酸アンモニウム1.0%、（85%）りん酸0.5%溶解させ、アンモニア水を加えてpHを7.5に調整し、更に、平均粒径が40nmのコロイダルシリカ3.5%、8-ヒドロキシキノリン0.1%、フェナセチン0.03%溶解させたものを使用し、この研磨液中に基板の研磨面が浸漬するように研磨液を供給しながら研磨を行った。なお研磨液の温度は、稼働時の研磨面が25℃±1℃となるように調節した。

【0184】ここで、試料の銅膜6と陰極板20との間に通電する電流として、基板上の銅の表面積当たりの電流密度が2A/dm<sup>2</sup>となる電流を10×10<sup>-3</sup>秒間通電し、同じく10×10<sup>-3</sup>秒間停止するパルス電流を使用した。60秒間研磨を続けた結果、基板上に堆積した余剰の銅膜6は、900nmから約300nmまで研磨され、最大段差は500nmから100nm以下まで平坦化された。

【0185】次いで、この試料を図6に示す研磨装置10bに移して、第2研磨を行った。この時、研磨装置10bの操作条件、並びに研磨液は前述と同様にして、通電のみを変更した。すなわち、研磨装置10bを稼働させ、銅表面の研磨が始まった後、陰極ロッド40と陽極ロッド42との間に、50Vの電圧を直ちに印加した。この第2研磨を60秒間続けたところ、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>膜からなるバリア層5を含めて余剰な銅膜は全て除去されて、SiO<sub>2</sub>絶縁層2と配線用溝内の銅膜6の表面とが平坦な基板が得られた。

【0186】（実施例2）実施例1と同じ方法により製作した試料を、図4に示す研磨装置10aの基板保持部16aで銅めっき面を下向きにして保持し、試料Wと研磨具22を互いに逆方向に約90rpmの回転速度で回転させつつ、研磨面に250g/cm<sup>2</sup>の研磨圧力を加え、下記の研磨液中で試料の銅膜6を陽極とした電解研磨を併用した第1研磨を行った。

【0187】研磨液は、純水中に、稀酸アンモニウム1.0%、(85%)りん酸2.0%溶解させ、アンモニア水を加えてpHを8.5に調整し、更に、平均粒径が40nmのコロイダルシリカ3.5%、8-ヒドロキシキノリン0.15%、非イオン界面活性剤30mg/L溶解させたものを使用し、試料の研磨面がこの研磨液中に浸漬するように研磨液を連続的に供給した。

【0188】試料の銅膜6と陰極板20との間に通電する電流として、試料上の銅の表面積当たりの電流密度が $3\text{A}/\text{dm}^2$ となる電流を $10\times 10^{-3}$ 秒間通電し、同じく $10\times 10^{-3}$ 秒間停止するパルス電流を使用し、45秒間通電させた。これらの諸条件で複合電解研磨を行ったところ、基板上に堆積した余剰の銅膜6は、900nmから300nmとなり、段差は500nmから100nm以下に減少し、平坦化が進んだ。

【0189】次いで、この試料を、電解を併用することなく、8-ヒドロキシキノリンを含む研磨液を使用し、公知の方法により第2研磨を行った。すなわち、研磨面を下向きに保持した基板を、対向するターンテーブルに装着した硬質および軟質二重構造パッド(例えば、ロデルニッタ社製IC1000/SUBA400)との間で $350\text{g}/\text{cm}^2$ の研磨圧力を加えながら、互いに逆方向に70rpmの速度で回転させながら、下記の研磨液を連続的に供給して研磨を行った。

【0190】研磨液として、稀酸アンモニウム1.0%、過酸化水素10%、平均粒径が40nmのコロイダルシリカ5.0%、非イオン界面活性剤30mg/L、5-メチルベンゾトリアゾール0.05%、8-ヒドロキシキノリン0.1%の組成のものを使用した。銅膜6の表面には、8-ヒドロキシキノリンと銅との反応により生成されるオキシ銅の脆弱性皮膜で覆われ、凸部が選択的に除去されるため、研磨の進行と共に平坦化が更に進められた。

【0191】そして、基板上に堆積した余剰の銅膜6が研磨され、Ta<sub>2</sub>N/Ta膜からなるバリア層5の露出すると、銅表面は、保護膜を生成するインヒビター(5-メチルベンゾトリアゾール)により保護され、有機酸、過酸化水素の作用により、バリア層5のエッチバックがスムーズに行われた。この結果、研磨完了時には、SiO<sub>2</sub>絶縁層2と配線用溝内の銅膜6の表面とがほぼ平面となり、図17に仮想線で示すように、ディッシングの深さA、エロージョンの深さBともに20~50nmの範囲内に抑えることができた。

【0192】(実施例3) 実施例1と同じ方法により、シリコン基板上に膜厚T<sub>1</sub>が約1200nmの銅膜6を堆積させた試料を用意し、これを2工程に分けて研磨した。銅膜6の最大段差Dは、600nmであった。

【0193】まず、実施例2と同様に、試料を図4に示す研磨装置10aの基板保持部16aに鉤めつき面を下向きに保持し、試料と研磨具22とを互いに反対方向に

約90rpmの回転速度で回転させつつ、研磨面に $250\text{g}/\text{cm}^2$ の研磨圧力を加えて、下記の研磨液中に試料の銅膜6を陽極とした電解研磨を併用した第1研磨を行った。研磨液として、純水中に(85%)りん酸を5.0%溶解させ、アンモニア水を加えてpHを6.5に調整し、更に、平均粒径が30nmのγアルミナ2.0%、同じく40nmのコロイダルシリカ2.0%、8-ヒドロキシキノリン0.15%、非イオン界面活性剤50mg/L、プロピレン尿素を0.1%溶解させたものを使用した。

【0194】ここで、試料の銅膜6と陰極板20との間に通電する電流として、基板上の銅の表面積当たりの電流密度が $4\text{A}/\text{dm}^2$ となる電流を $10\times 10^{-3}$ 秒間通電し、同じく $10\times 10^{-3}$ 秒間停止するパルス電流を使用して、55間の複合電解研磨を行った。この結果、基板上に堆積した余剰の銅膜6は、1200nmから300nmまで研磨され、凸部の研磨速度は1100nm/分に達した。また最大段差は600nmから100nm以下に減少し、大幅な平坦化効果が得られた。

【0195】次いで、この試料を別個のCMP装置へ移し、電解研磨を併用せずに、8-ヒドロキシキノリンを含む研磨液を使用して更に平坦化研磨を行った。すなわち、研磨面を下向きにしてホルダに保持した試料を、対向するターンテーブルの表面に装着した硬質/軟質構造の研磨パッドに $350\text{g}/\text{cm}^2$ の圧力で押圧しつつ、互いに逆方向に70rpmの回転速度で回転しながら研磨を行った。この時、下記の研磨液を連続的に研磨面に供給した。

【0196】研磨液として、稀酸アンモニウム1.0%、リン酸アンモニウム0.5%、γアルミナ2.0%、平均粒径が40nmのコロイダルシリカ3.0%、8-ヒドロキシキノリン0.1%、非イオン界面活性剤30mg/L、5-メチルベンゾトリアゾール0.05%の組成のものを使用した。銅の表面にはオキシ銅の脆弱性皮膜が生成され、凸部が選択的に研削除去されるため、研磨の進行と同時に平坦化が更に進められた。

【0197】基板上に堆積した余剰な銅膜6が研磨されて、Ta<sub>2</sub>N/Ta膜からなるバリア層5が露出すると、銅表面はオキシ銅およびインヒビターにより保護され、バリア層5のエッチバックがスムーズに行われ、研磨完了時にはSiO<sub>2</sub>絶縁層2と配線用溝内の銅表面とがほぼ平面となり、ディッシングやエロージョンの発生が抑えられた製品が得られた。

【0198】(実施例4) 実施例1と同じ方法により、シリコン基板上に膜厚T<sub>1</sub>が約1200nmの銅膜6を堆積させた試料を用意し、これを2工程に分けて研磨した。銅膜6の最大段差Dは、600nmであった。この試料の複合電解研磨を前段および後段の2工程に分けて実施した。すなわち、前段の工程では銅面を陽極とし電解研磨を併用して機械的研磨を加えた複合電解研磨を行

い、後段では基板に対向して配置された陰極および陽極間に高い電圧を印加して、陰極に接近する局所的な表面をバイポーラ現象により擬似陽極とすることにより、銅の溶解性を高めながら複合的に電解研磨を行った。

【0199】前段の研磨工程では、試料を、図4に示す研磨装置10aの基板保持部16aに銅めっき面を下向きにして保持し、試料と研磨具22を互いに反対方向に90rpmの回転速度で回転させつつ、研磨面に250g/cm<sup>2</sup>の研磨圧力を加え、下記の研磨液中で試料の銅膜6を陽極とした電解研磨を併用しながら第1研磨を行った。

【0200】研磨液は、純水に(85%)りん酸を5.0%溶解させ、アンモニア水を加えてpHを5.5に調整し、プロピレングリコールモノメチルエーテル10%、平均粒径が40nmのコロイダルシリカ5.0%、8-ヒドロキシキノリン0.15%、プロピレン尿素0.1%溶解させたものを使用した。

【0201】ここで、試料の銅膜6と陰極板20との間に通電する電流として、基板上の銅の表面積当たりの電流密度が3A/dm<sup>2</sup>となる電流を10×10<sup>-3</sup>秒間通電し、同じく10×10<sup>-3</sup>秒間停止するパルス電流を使用した。60秒間研磨を続けた結果、基板上に堆積した余剰の銅膜6は、1200nmから約300nmまで研磨され、最大段差は600nmから100nm以下となり、高い平坦化効果が得られた。

【0202】次いで、図6に示す研磨装置10bを使用して、実施例1と全く同一の条件で試料の後段の研磨を実施した。すなわち、研磨液として、純水に、稀酸アンモニウム1.0%、(85%)りん酸0.5%溶解させ、アンモニア水を加えてpHを7.5に調整し、更に、平均粒径が40nmのコロイダルシリカ3.5%、8-ヒドロキシキノリン0.1%、フェナセチン0.03%溶解させたものを使用した。

【0203】研磨装置10bを運転し、銅表面の研磨が開始されると直ちに30〜70ボルトの電圧を陰極ロッド40と陽極ロッド42との間に印加して通電を行った。この時、銅表面の凸部はオキシ銅の生成除去が選択的に行われ、研磨の進行と同時に平坦化も行われた。40秒間の電圧印加の後、通電を停止し、更に研磨を継続した。Ta-N/Ta膜からなるバリア層5の除去された研磨完了時では、SiO<sub>2</sub>絶縁層2と配線用溝内の銅表面がほぼ平坦となり良好な研磨面が得られた。

【0204】(実施例5)実施例1と同じ方法により、シリコン基板上に膜厚T<sub>1</sub>が約1500nmの銅膜6を堆積させた試料を用意し、これを2工程に分けて研磨した。銅膜6の最大段差Dは、700nmであった。前段の研磨工程では、試料を、図4に示す研磨装置10aの基板保持部16aで銅めっき面を下向きにして保持し、試料と研磨具22とを互いに反対方向に90rpmの回転速度で回転させつつ、研磨面に200g/cm<sup>2</sup>の研

磨圧力を加えながら、下記の研磨液を連続的に供給して研磨面を液中に浸漬させ、且つ被研磨面を陽極として下記のパルス直流電流を通電しながら複合電解研磨を行った。

【0205】研磨液として、純水に、(85%)りん酸10%、プロピレングリコールモノメチルエーテル20%溶解させ、アンモニア水を加えてpHを3.5に調整し、更に、8-ヒドロキシキノリン0.15%、プロピレン尿素0.2%溶解させたものを使用した。ここで、試料の銅膜6と陰極板20との間に通電する電流として、基板上の銅の表面積当たりの電流密度が6A/dm<sup>2</sup>となる電流を10×10<sup>-3</sup>秒間通電し、同じく10×10<sup>-3</sup>秒間停止するパルス電流を使用した。

【0206】65秒間複合電解研磨を行った結果、銅膜6は1500nmから300nmとなり、凸部の研磨速度は1200nm/分に達した。また最大段差は700nmから100nm以下となり、高い平坦化効果が得られた。研磨装置10aから流出した研磨液を回収し、直列に連結配置された100ミクロン、5ミクロン、1ミクロンのポリプロピレン製カートリッジフィルターによりろ過し、各成分の濃度調整を行った後、再度研磨装置10aへ供給し、研磨に使用したところ、処理工程および基板の研磨結果に支障は見られなかった。

【0207】次いで、後段の研磨は実施例2と全く同一の条件で実施した。すなわち、電解を併用せず、8-ヒドロキシキノリンを含む下記の組成の研磨液を使用し、公知のCMP法に従い、研磨面を下向きに保持し、対向する下方のターンテーブルに装着された硬質および軟質二重構造の研磨パッドとの間で350g/cm<sup>2</sup>の圧力を加え、互いに逆方向に70rpmの速度で回転させながら平坦化研磨を実施した。

【0208】研磨液として、稀酸アンモニウム1.0%、過酸化水素1.0%、平均粒径40nmのコロイダルシリカ5.0%、非イオン界面活性剤30mg/L、5-メチルベンゾトリアゾール0.05%、8-ヒドロキシキノリン0.1%の組成のものを使用し、研磨液供給ユニット32から研磨面へ連続的に供給した。後段の研磨工程では、銅皮膜の表面にオキシ銅の脆弱皮膜が生成され、凸部が選択的に除去・生成を繰り返すため、銅皮膜の研磨の進行と共に平坦化も更に進められた。

【0209】研磨が進行し、基板上に堆積した余剰の銅膜6が除去され、Ta-N膜からなるバリア層5が露出すると、銅表面はオキシ銅およびインヒビターによる防触膜で保護され、バリア層5は有機酸および過酸化水素の作用でエッチバックがスムーズに行われた。この結果、研磨完了時にはSiO<sub>2</sub>絶縁層2と配線用溝内の銅表面とがほぼ平面となり、ディッシングおよびエロージョンを最小限に抑えた製品が得られた。

【0210】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、

基板上に余剰に堆積した、段差のある銅膜の平坦化研磨を行うにあたり、銅膜上に不溶性で脆弱なオキシ銅を生成させ、凸部を選択的に研削することにより、高い効率の平坦化加工が可能となる。また、電解を併用した複合電解研磨により、余剰に堆積した銅膜の大半を高速度で研磨できるばかりでなく、電解作用により、研磨液への酸化剤の使用を省くことができ、研磨液の安定化ならびに管理が容易となり、且つランニングコストの低減を図ることができる。更に、研磨工程の前段では、研磨砥粒の使用を省くこともでき、これによって、使用後の研磨液を回収し、ろ過した後、濃度を調整して再度使用できるため、廃液量の減少も期待でき、環境保全上好ましい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の研磨液における銅減少量と浸漬時間との関係を示すグラフである。

【図2】同じく、極間電圧と電解時間との関係を示すグラフである。

【図3】同じく、電解研磨電流及び銅の減少量と電解時間との関係を示すグラフである。

【図4】本発明の実施の形態の研磨装置の概要を示す断面図である。

【図5】図4に示す研磨装置による研磨の状態を模式的に示す図である。

【図6】本発明の他の実施の形態の研磨装置の概要を示す断面図である。

【図7】図6に示す研磨装置による研磨の状態を模式的に示す図である。

【図8】図4及び図6に示す研磨装置を備えた配線形成装置の平面配置図である。

【図9】図8に示す配線形成装置における処理工程の流れを示すブロック図である。

【図10】図8に示す配線形成装置で配線を形成する例を工程順に示す断面図である。

【図11】本発明の更に他の実施の形態の研磨装置を示す平面図である。

【図12】図11に示す研磨装置に使用される基板保持部を示す正面図である。

【図13】図11に示す研磨装置を備えた配線形成装置の平面配置図である。

【図14】本発明の更に他の実施の形態の研磨装置の概要を示す断面図である。

【図15】図14に示す研磨装置の電極板の一部を拡大して示す平面図である。

【図16】同じく、一部を拡大して示す断面図である。

【図17】実施例に使用される試料の断面図である。

【図18】銅めっきにより銅配線を形成する例を工程順に示す断面図である。

【図19】銅めっき装置としての電気めっき装置のめっき処理時における全体を示す断面図である。

【図20】同じく、めっき液の流れの状態を示すめっき液フロー図である。

【図21】同じく、非めっき時（基板受渡し時）における全体を示す断面図である。

【図22】同じく、メンテナンス時における全体を示す断面図である。

【図23】同じく、基板の受渡し時におけるハウジング、押圧リング及び基板の関係の説明に付する断面図である。

10 【図24】同じく、図23の一部拡大図である。

【図25】同じく、めっき処理時及び非めっき時におけるめっき液の流れの説明に付する図である。

【図26】同じく、芯出し機構の拡大断面図である。

【図27】同じく、給電接点（プローブ）を示す断面図である。

【図28】銅めっき装置としての電気めっき装置の他の例を示す平面図である。

【図29】同じく、図28のA-A線断面図である。

20 【図30】同じく、基板保持部及びカソード部の断面図である。

【図31】同じく、電極アーム部の断面図である。

【図32】同じく、電極アーム部のハウジングを除いた平面図である。

【図33】同じく、アノードとめっき液含浸材を示す概略図である。

【図34】基板処理装置の示す平面配置図である。

【図35】図34に示す基板処理装置内の気流の流れを示す図である。

30 【図36】図34に示す基板処理装置の各エリア間の空気の流れを示す図である。

【図37】図34に示す基板処理装置をクリーンルーム内に配置した一例を示す外観図である。

【図38】基板処理装置の他の例を示す平面配置図である。

【図39】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図40】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

40 【図41】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図42】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図43】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図44】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図45】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

50 【図46】基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図47】図46に示す基板処置装置における各工程の流れを示すフローチャートである。

【図48】ベベル・裏面洗浄ユニットを示す概要図である。

【図49】無電解めっき装置の一例を示す概要図である。

【図50】無電解めっき装置の他の例を示す概要図である。

【図51】アニールユニットの一例を示す縦断正面図である。

【図52】図51の平断面図である。

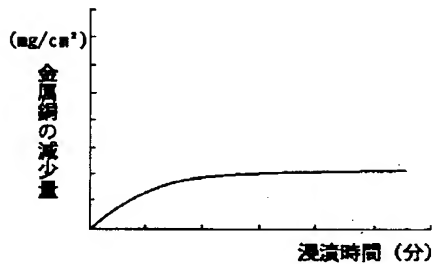
【符号の説明】

- 2 絶縁層
- 4 配線用溝
- 5 バリア層
- 6 銅膜
- 6 a オキシ銅皮膜
- 7 シード層
- 10 a, 10 b, 10 c, 10 d 研磨装置
- 12 研磨液
- 14 研磨槽
- 16 a, 16 b, 76 基板保持部

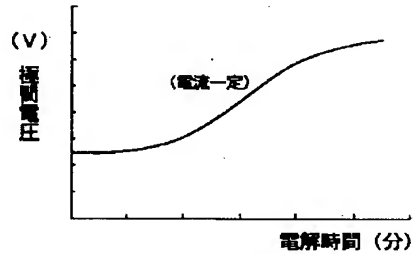
- \* 20 陰極板
- 20 a 長溝
- 22 研磨具
- 26 電気接点
- 30, 48 整流器
- 32 研磨液供給ユニット
- 42 陽極ロッド
- 44 電極板
- 44 a 長溝
- 10 50 研磨液再生ユニット
- 54 ロード・アンロード部
- 58 洗浄装置
- 60 アニール装置
- 62 洗浄乾燥装置
- 68 搬送装置
- 70 モジュール
- 72 旋回アーム
- 74 電極リング
- 78 電極リング着脱ステージ
- 20 140 陰極ロッド
- 156 銅めっき装置

\*

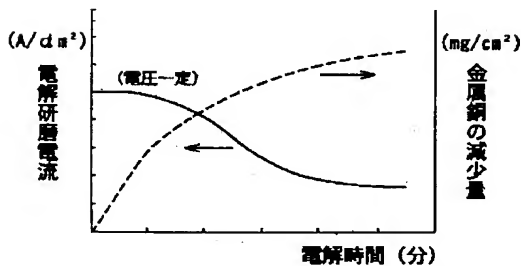
【図1】



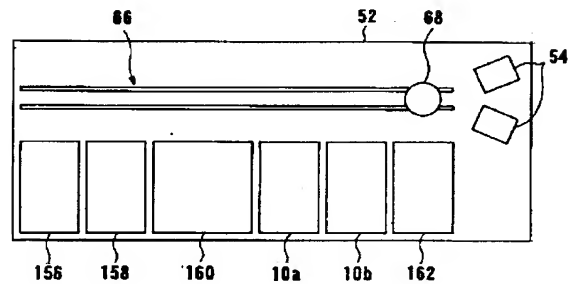
【図2】



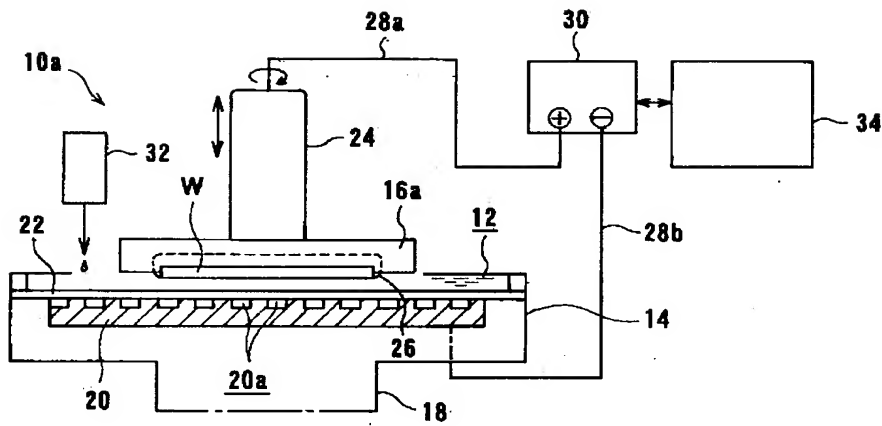
【図3】



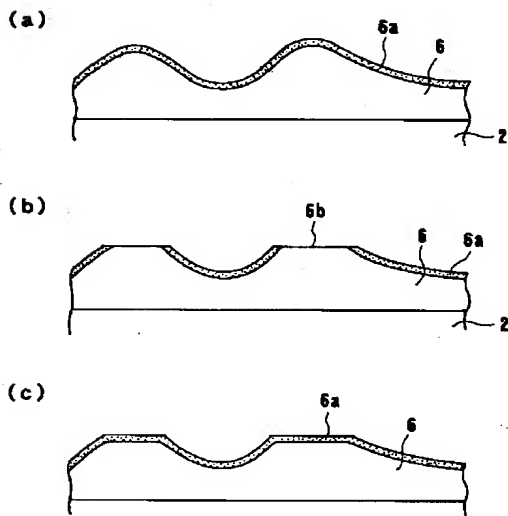
【図8】



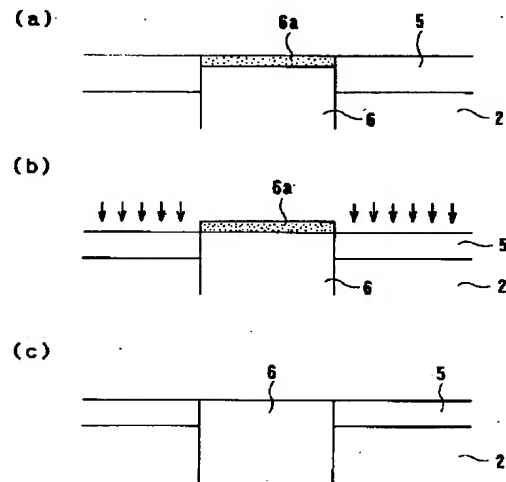
【図4】



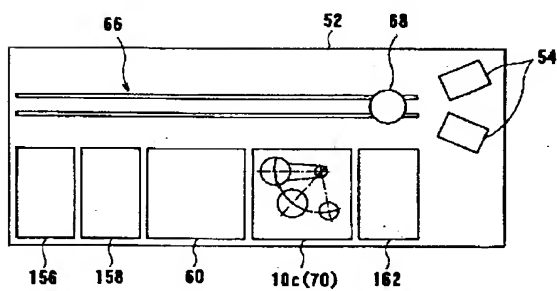
【図5】



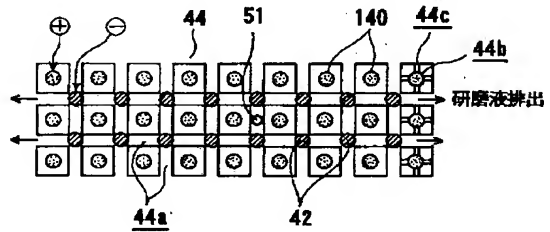
【図7】



【図13】

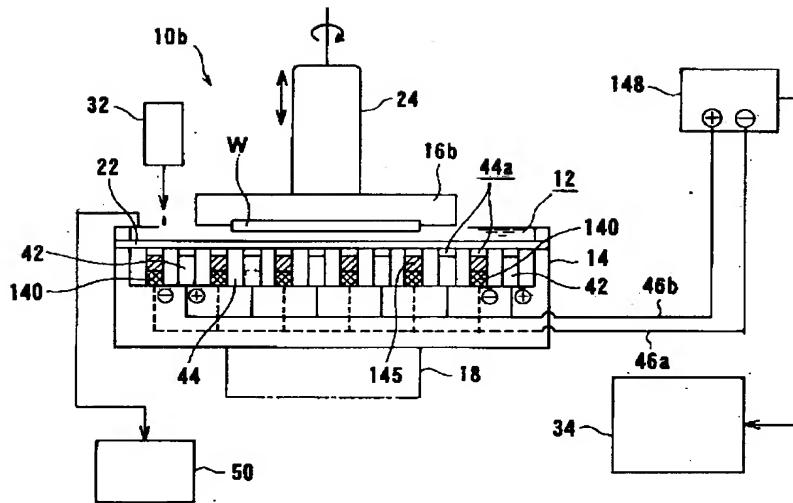


【図15】

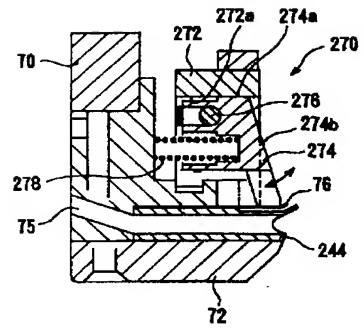




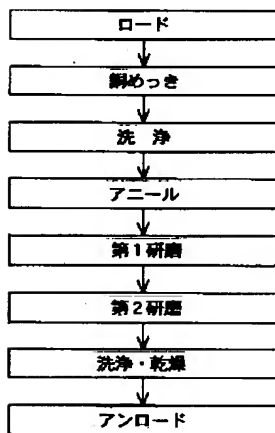
【图 6】



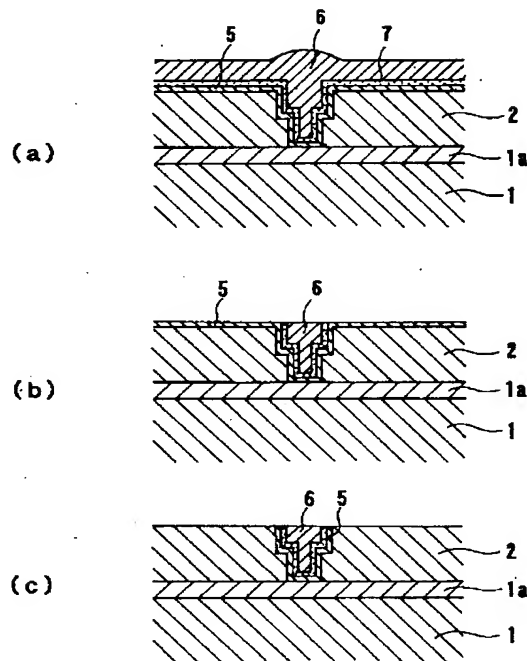
【图 26】



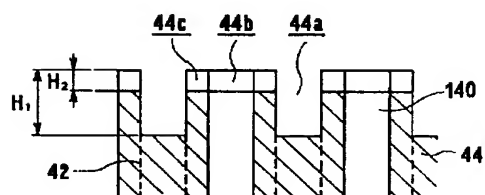
【图9】



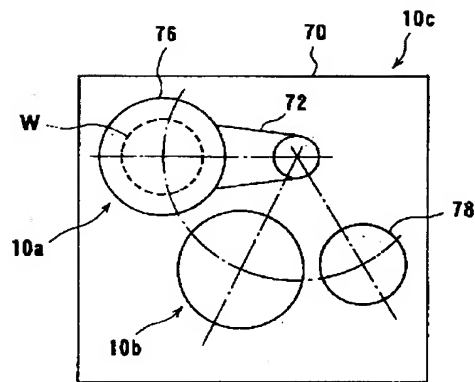
【図 10】



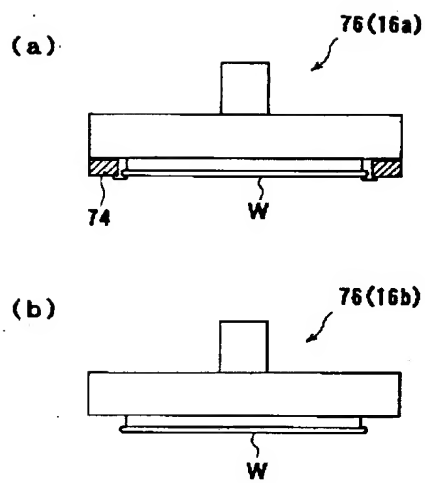
【图 16】



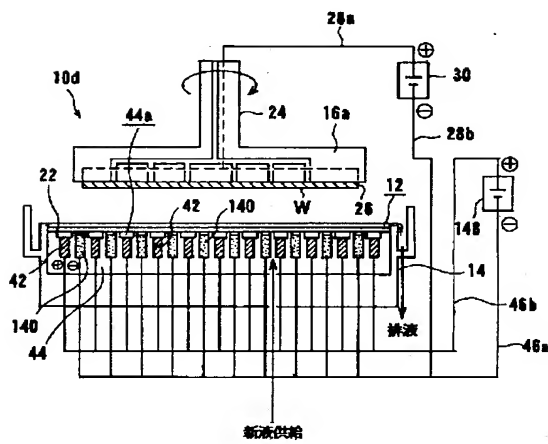
【図11】



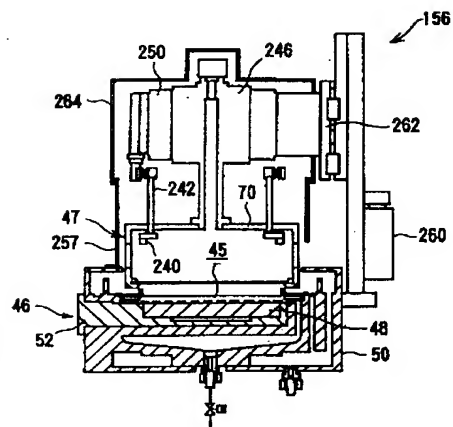
【図12】



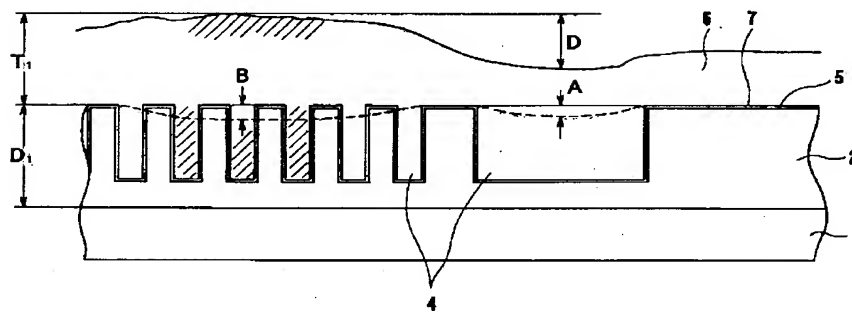
【図14】



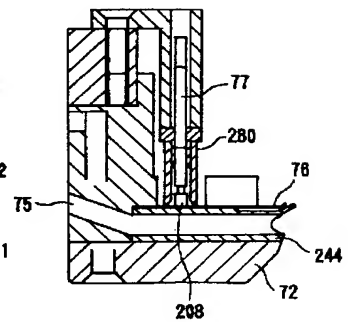
【図21】



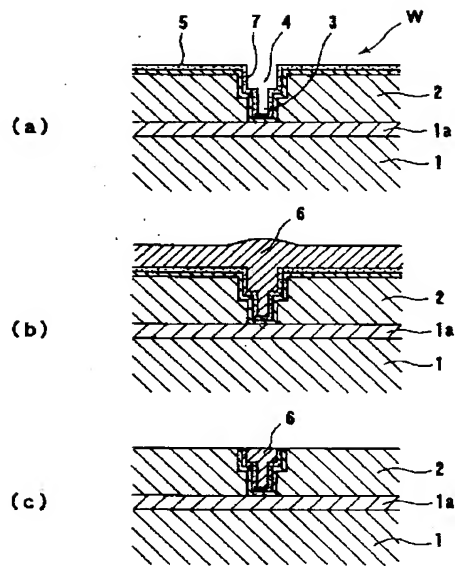
【図17】



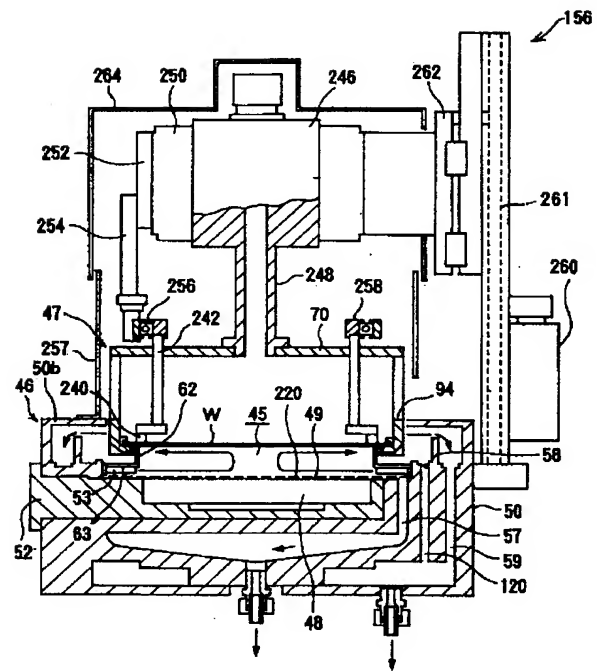
【図27】



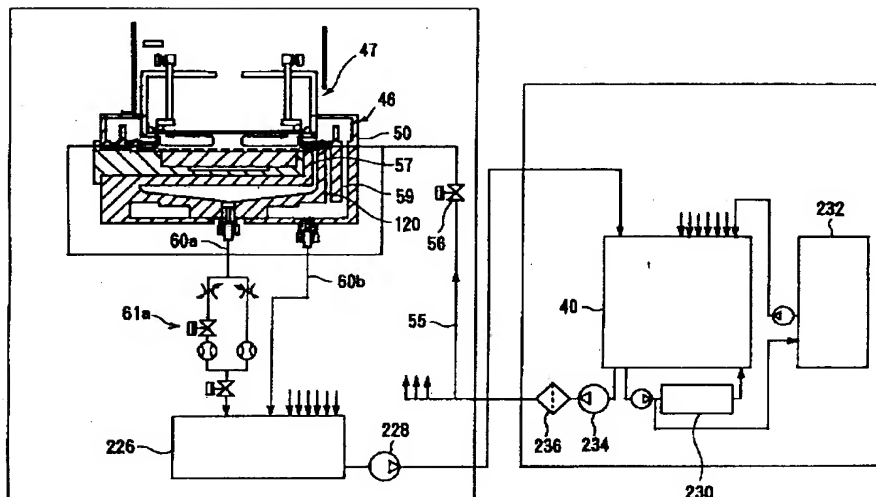
【図18】



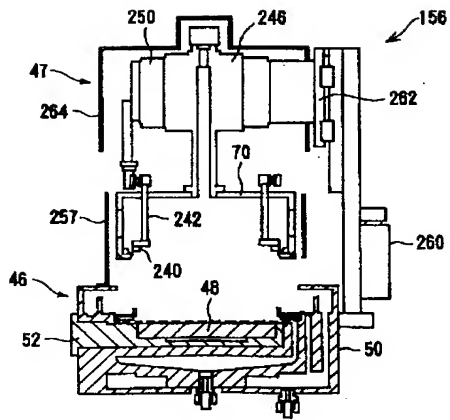
【図19】



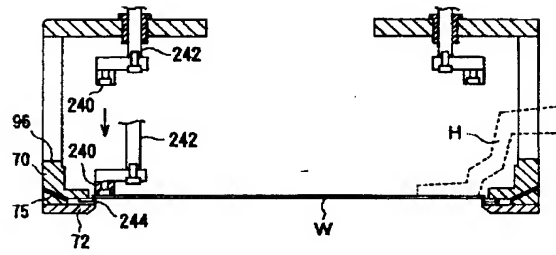
【図20】



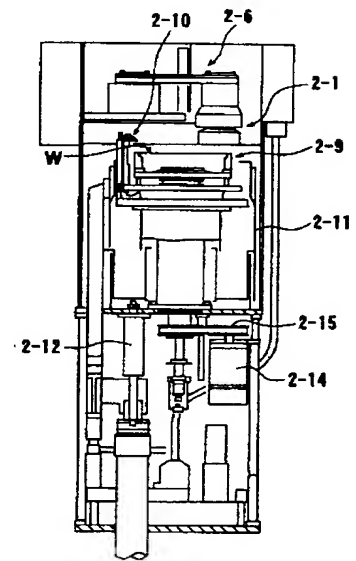
【図22】



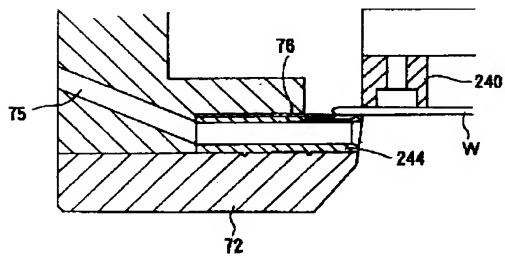
【図23】



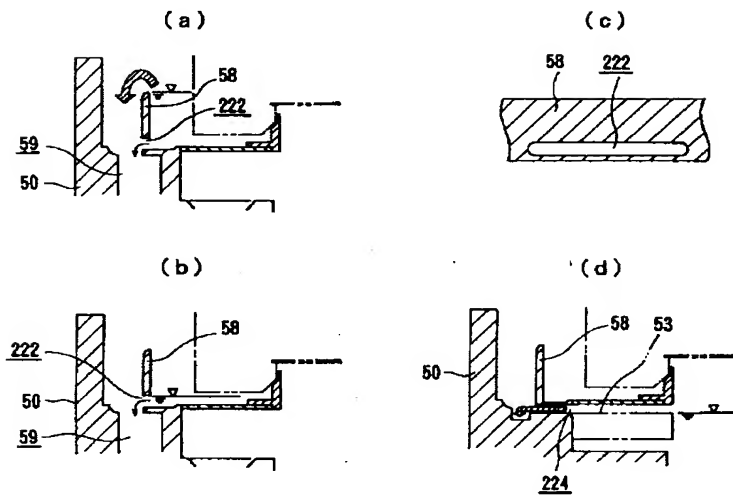
【図29】



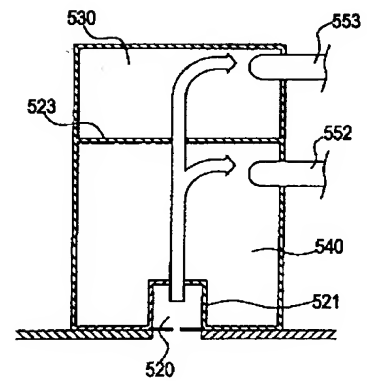
【図24】



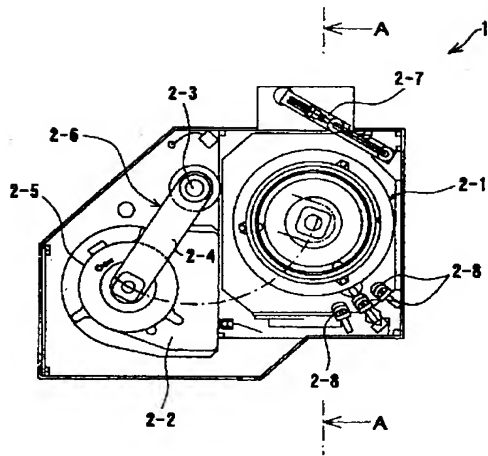
【図25】



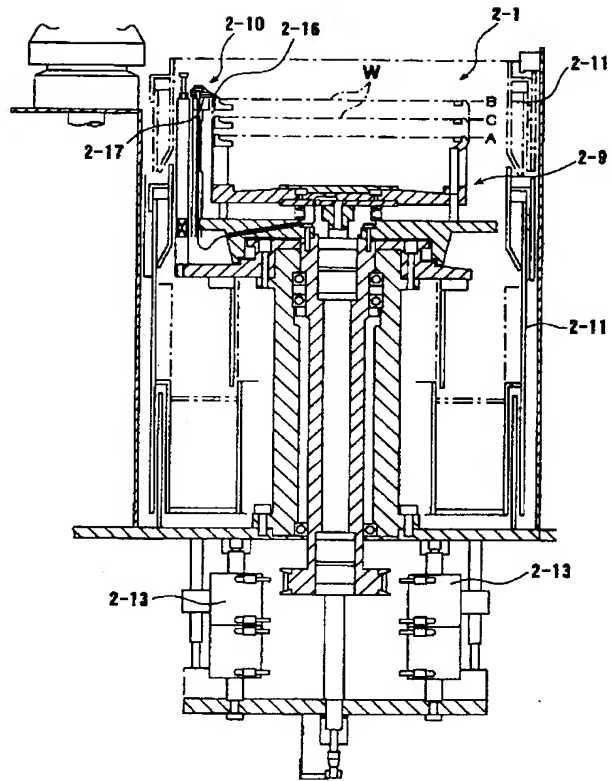
【図36】



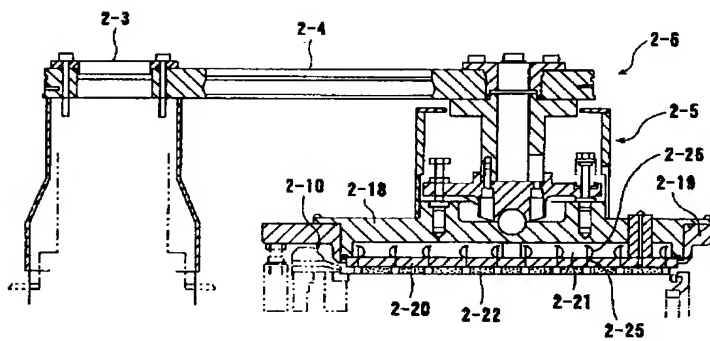
【図28】



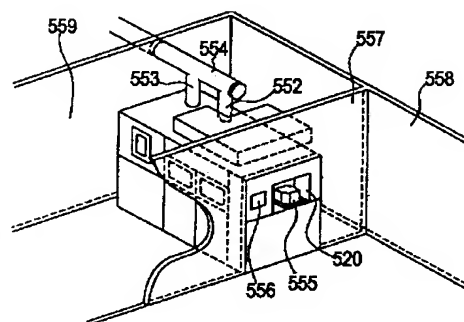
【図30】



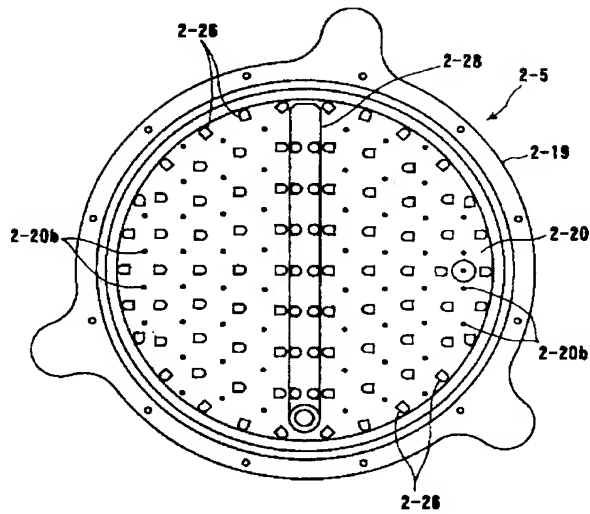
【図31】



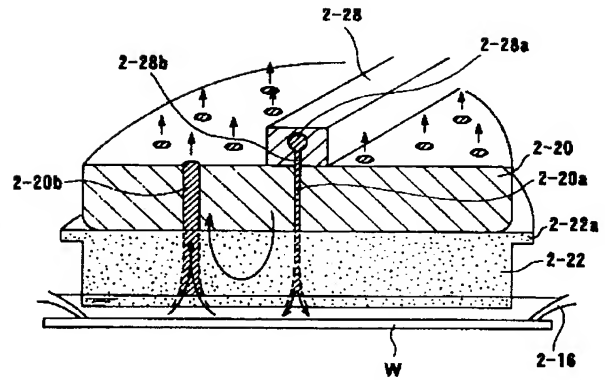
【図37】



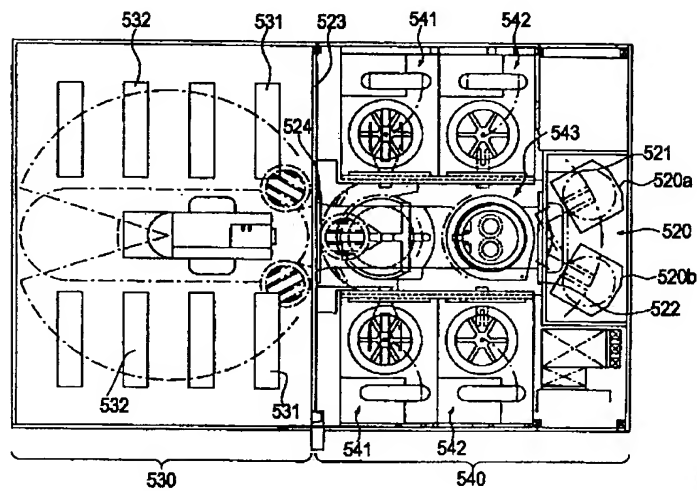
【図32】



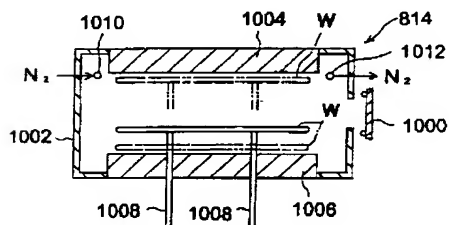
【図33】



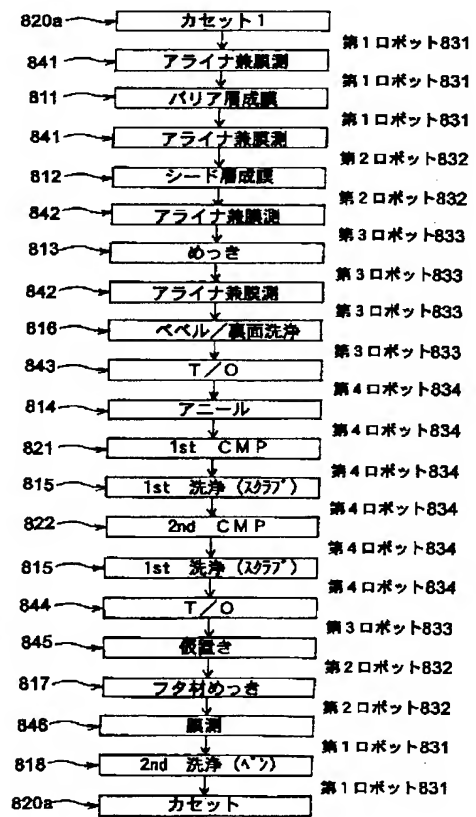
【図34】



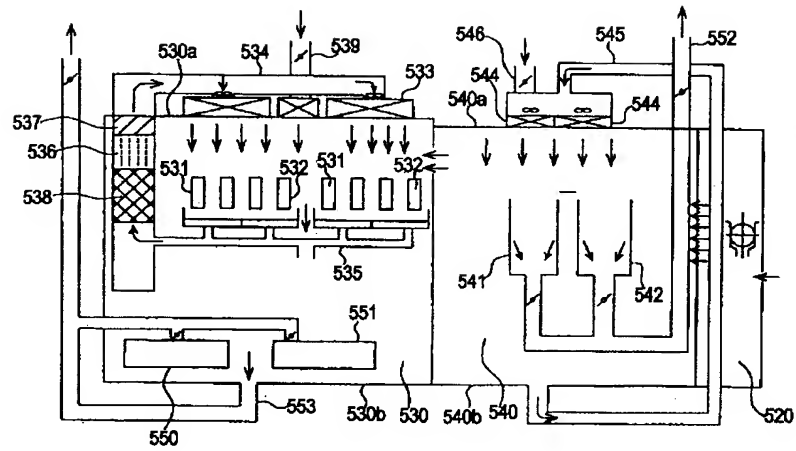
【図51】



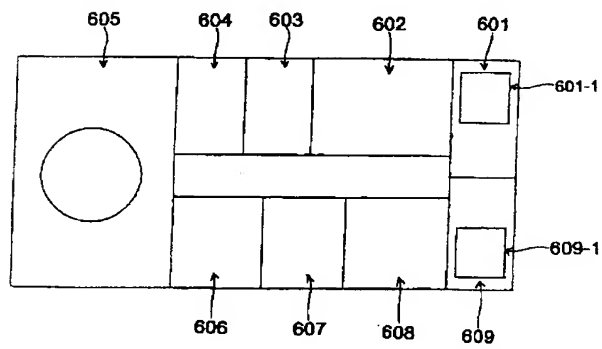
【図47】



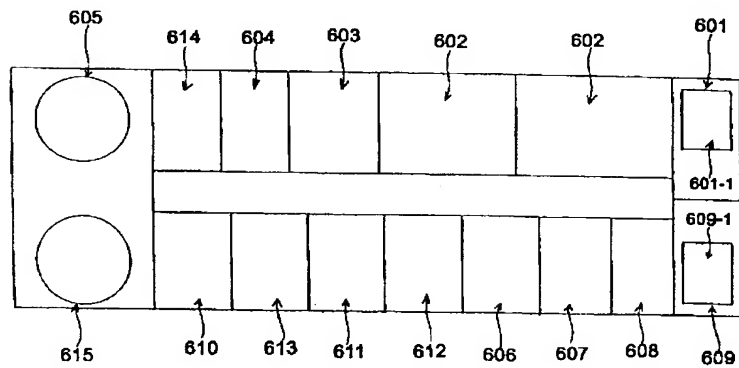
【図35】



【図38】

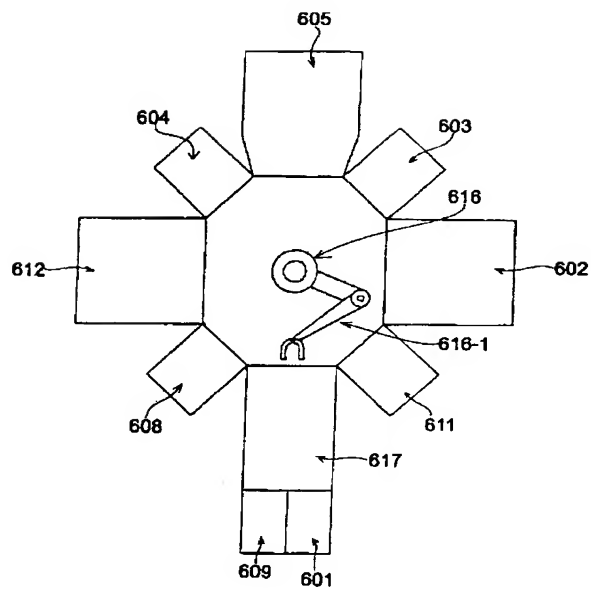


【図39】

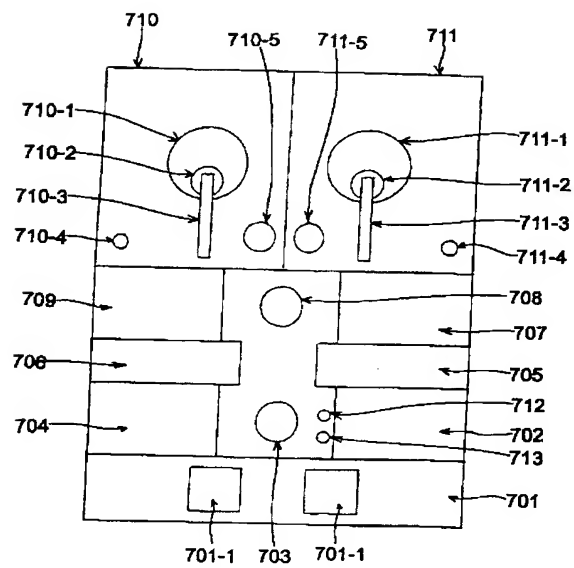




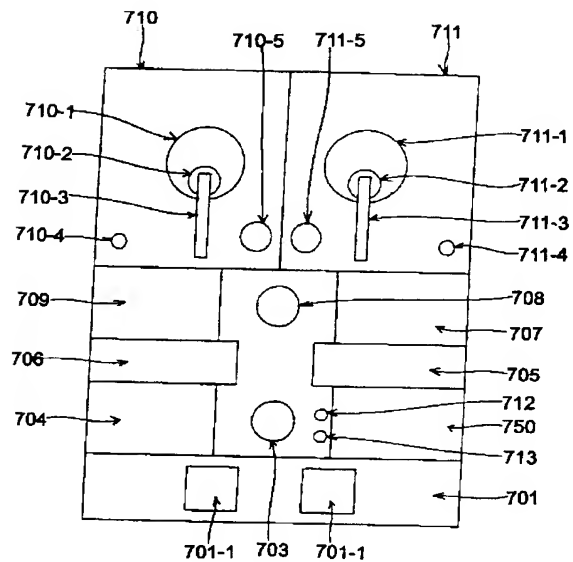
【図40】



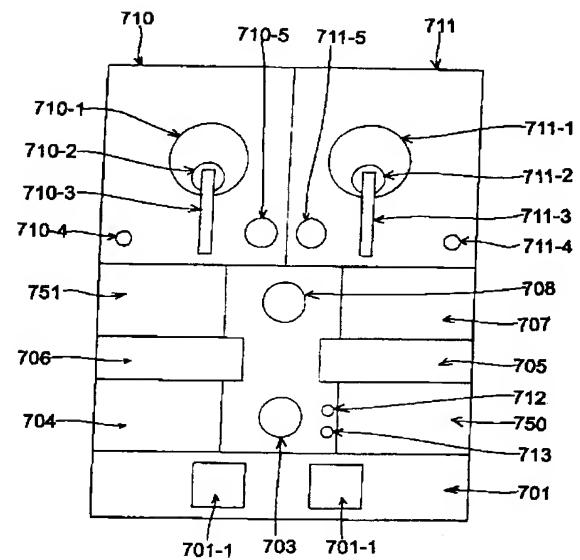
【図41】



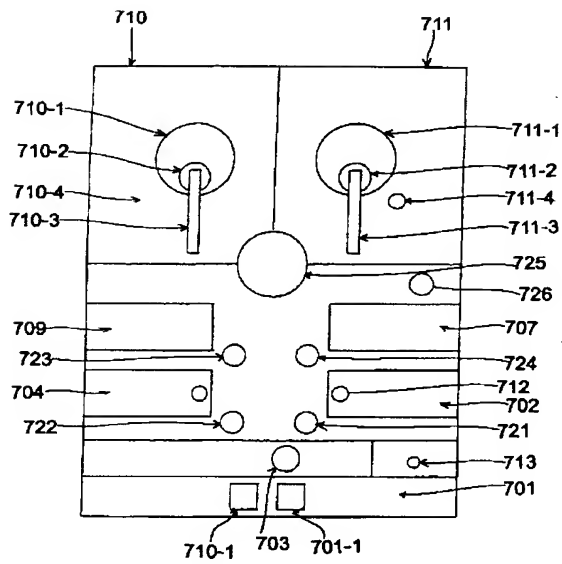
【図42】



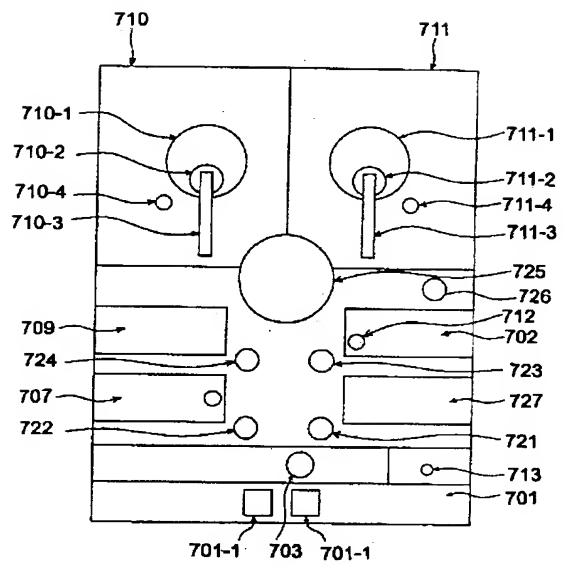
【図43】



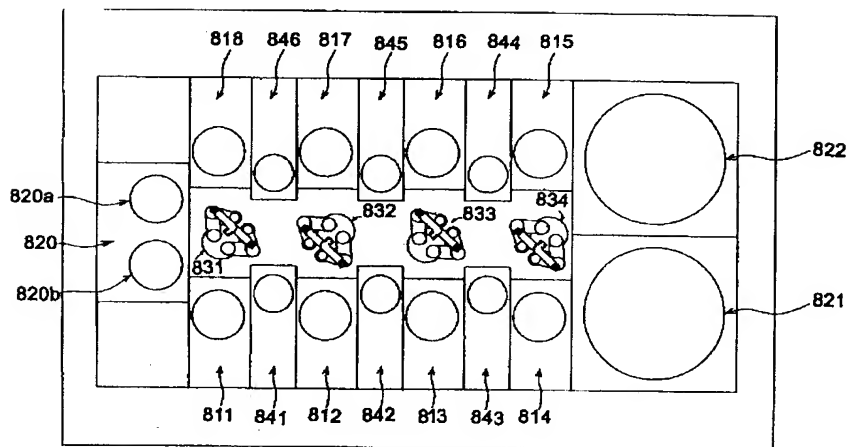
【図44】



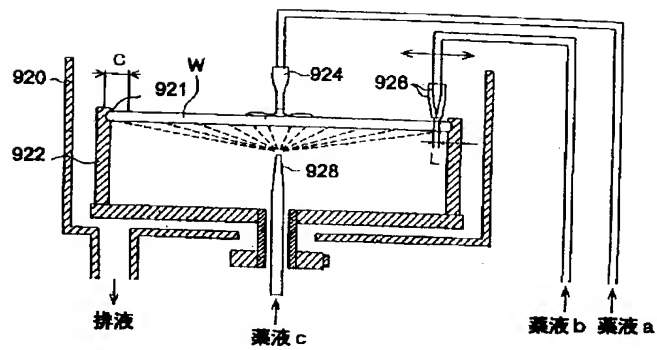
【図45】



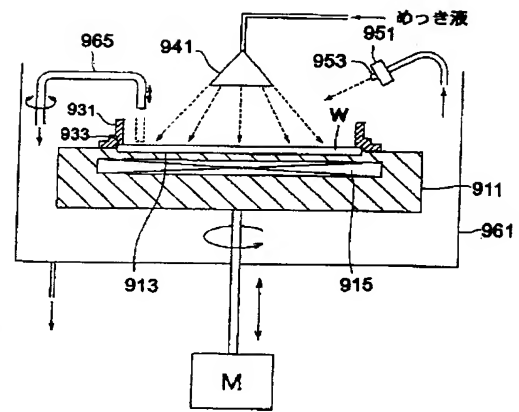
【図46】



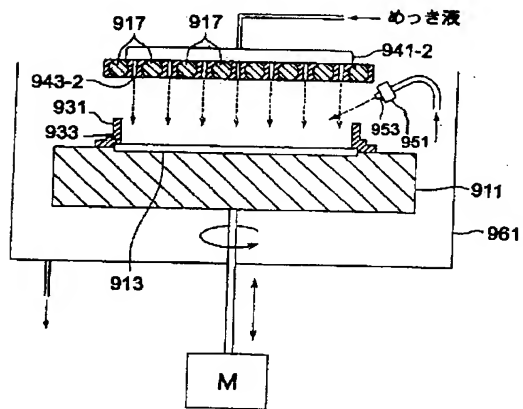
【図48】



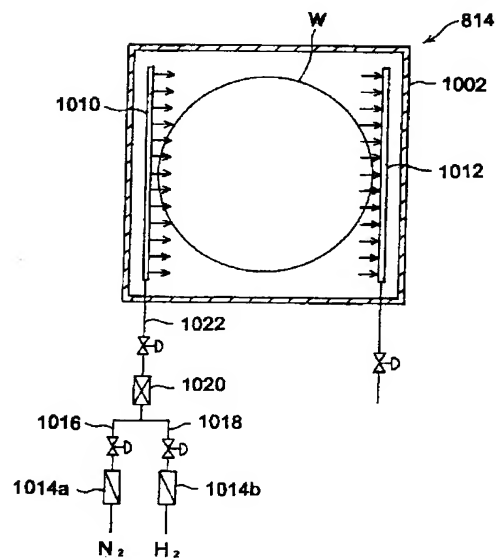
【図49】



【図50】



【図52】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
B 2 4 B 37/00

識別記号

F I  
B 2 4 B 37/00

テマコード (参考)  
Z

(72) 発明者 君塚 亮一  
神奈川県藤沢市溝行坂 1-1-6 荏原ユ  
ージライト株式会社内

F ターム (参考) 3C058 AA07 CA01 CB03 CB05 DA02  
DA12 DA13  
3C059 AA02 AB01 GC01